



(12) PATENT

(19) NO

(11) 337735

(13) B1

NORGE

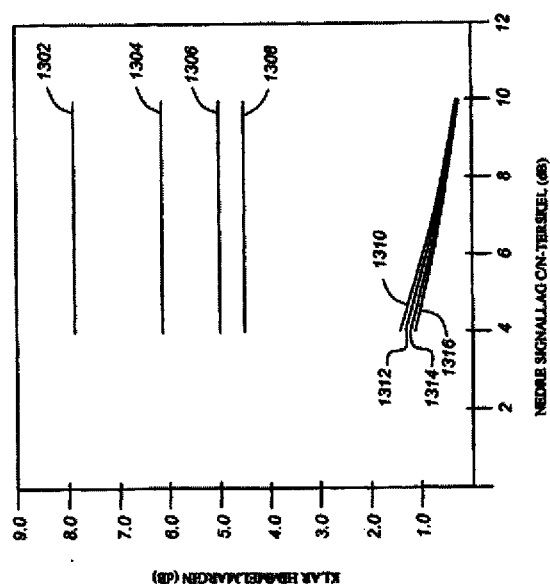
(51) Int Cl.

H04L 27/34 (2006.01)
H04N 1/00 (2006.01)
H04B 7/185 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20052425	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2003.10.15 PCT/US2003/32751
(22)	Inng.dag	2005.05.19	(85)	Videreføringsdag	2005.05.19
(24)	Løpedag	2003.10.15	(30)	Prioritet	2002.10.25, US, 421333
(41)	Alm.tilgj	2005.07.25			
(45)	Meddelt	2016.06.13			
(73)	Innehaver	The Directv Group Inc, 2250 East Imperial Highway, US-CA90245 EL SEGUNDO, USA Ernest C Chen, 1025 Via Cordova, US-CA90732 SAN PEDRO, USA Joseph Santoru, 5425 Meadow Vista Way, US-CA91301 AGOURA HILLS, USA Paul R Anderson, 1224, 11th Place, US-CA90254 HERMOSA BEACH, USA			
(72)	Oppfinner				
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vikå, 0125 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og apparat for tilpasning av bæreeffektkrav i samsvar med tilgjengelighet i lagdelte modulasjonssystemer.			
(56)	Anførte publikasjoner	COMBAREL et al.: "HD-SAT (race 2075): HDTV broadcasting over KA-band satellite, cable and MMDS", IEEE, International Broadcasting Convention, Alcatel Espace, France, 1994, pages 633 - 640. PALICOT et al.: "Possible coding and modulation approaches to improve service availability for digital HDTV satellite broadcasting at 22 GHz", IEEE Transactions on consumer electronics, New York, US, vol. 39, No. 3, 8-10 Jun 1993, pages 660 - 667.			
(57)	Sammendrag				

Det er beskrevet en fremgangsmåte og et apparat for å sende et lagdelt modulasjonssignal som har et første signallag som har første signalsymboler og et andre signallag som har andre signalsymboler. Fremgangsmåten omfatter trinnene å bestemme en første signallagmodulasjonsbæreeffekt C_L minst delvis i samsvar med en første signallag klar himmelmargen M_L og en første signallagtilgjengelighet, bestemme en andre signallagmodulasjonsbæreeffekt C_U minst delvis i samsvar med en andre signallag klar himmelmargen M_U og en andre signallagtilgjengelighet, modulere de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer ved den forutbestemte første signallagmodulasjonsbæreeffekten; modulere de andre signalsymbolene i samsvar med den andre bærer ved den forutbestemte andre signallagmodulasjonsbæreeffekten, og sende de to lagene uavhengig.



Den foreliggende oppfinnelsen relaterer seg til systemer og fremgangsmåter for å sende data, og spesielt til et system og fremgangsmåte for tilpasning av bærereffektkrav i et lagdelt modulasjonssystem.

5 Digitale signalkommunikasjonssystemer har blitt brukt på forskjellige områder, innbefattende digital TV-signaltransmisjon, enten terrestrisk eller via satellitt. Ettersom forskjellige digitale signalkommunikasjonssystemer og tjenester utvikler seg, er det et økende behov for økt datagjennomløp og tilføyde tjenester. Det er imidlertid vanskelig å implementere både forbedring av gamle systemer og nye tjenester når det er nødvendig å erstatte eksisterende nedarvet maskinvare, slik som sendere og mottakere. Nye systemer og tjenester har del fordel at de kan anvende eksisterende nedarvet maskin-vare. I dataområdet
10 til trådløse kommunikasjoner blir dette prinsippet ytterligere belyst ved den begrensede tilgjengelighet av elektromagnetisk spekter. Det er således ikke mulig (eller i det minste ikke praktisk) å kun sende forhøyede eller ytterligere data ved en ny frekvens.

Den konvensjonelle fremgangsmåten for å øke spektral kapasitet er å forflytte til en høyere ordens modulasjon, slik som fra kvadraturfaseskifttasting (QPSK) til åtte fase skifttasting (8PSK) eller seksten kvadraturamplitudemodulasjon (16QAM). Uheldigvis kan ikke QPSK mottakere demodulere konvensjonelle 8PSK eller 16QAM signaler. Som et resultat må gamle kunder med QPSK mottakere oppgradere deres mottakere for å kunne fortsette å kunne motta signaler sendt med en 8PSK eller 16QAM modulasjon.
20

Det er fordelaktig for systemer og fremgangsmåter for å sende signaler å oppta forhøyede og økte datagjennomløp uten at det kreves tilleggsspekter. I tillegg er det fordelaktig for forhøyede og økte gjennomløpssignaler for nye mottakere å være bakoverkompatible med gamle mottakere. Det er en ytterligere fordel for systemer og fremgangsmåter som tillater transmisjonssignaler å bli oppgradert fra en
25 kilde forskjellig fra den nedarvede eller gamle senderen.

Det har blitt foreslått at et lagdelt modulasjonssignal, som sender ikke-koherent både øvre og nedre lagssignaler, kan bli brukt for å tilfredsstille disse behov. Slike lagdelte modulasjonssystemer tillater høyere informasjonsgjennomløp med bakoverkompatibilitet. Selv når bakoverkompatibilitet ikke er påkrevd (slik
30 som med et fullstendig nytt system), kan imidlertid lagdelt modulasjon fremdeles være fordelaktig siden den krever en TWTA toppeffekt som er betydelig lavere enn vekten for et konvensjonelt 8PSK eller 16QAM modulasjonsformat for et gitt gjennomløp.

COMBAREL et al.: "HD-SAT (race 2075): HDTV broadcasting over KA-band satellite, cable and MMDS",
35 IEEE, International Broadcasting Convention, Alcatel Espace, France, 1994, viser å sende to sub-lag i modulasjonslag til et signal som sendes til en satellitt. Sub-lagene inneholder forskjellige data symboler.

PALICOT et al.: "Possible coding and modulation approaches to improve service availability for digital HDTV satellite broadcasting at 22 GHz", IEEE Transactions on consumer electronics, New York, US, vol.

39, No. 3, 8-10 Jun 1993, viser noen eksempler på som understøtter koding og modulasjonsskjema ved HDTV satellitt kringkasting.

En betydelig sperre tilordnet med implementering av lagdelt modulasjon er kravet om
 5 satellittranspondereffektnivåer som er betydelig høyere enn de som for tiden er utsatt for gitt jorddekningsområde.

Følgelig er det et behov for systemer og fremgangsmåter for å implementere lagdelte modulasjonssignaler ved lavere transpondereffektnivåer. Den foreliggende oppfinnelsen tilfredsstiller dette behov og
 10 tilveiebringer ytterligere fordeler slik det angis detaljert i det etterfølgende.

For å adressere kravene beskrevet ovenfor, angir den foreliggende oppfinnelsen en fremgangsmåte og apparat for å sende et lagdelt modulasjonssignal som har et første signallag som har første signalsystemer og et andre signallag som andre signalsymboler. Fremgangsmåten omfatter trinnene å bestemme en første
 15 signallagmodulasjonsbærer-effekt C_L i det minste delvis i samsvar med en første signallag klar himmelmargen M_L og en første signallagtilgjengelighet, bestemme en andre signallagmodulasjonsbærer-effekt C_U i det minste delvis i samsvar med en andre signallag klar himmelmargen M_U og en andre signallagtilgjengelighet, modulere de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer med den bestemte første signallagmodulasjonsbærer-effekten; modulere de andre
 20 signalsymbolene i samsvar med en andre bærer med den bestemte andre signallagmodulasjonsbærer-effekten for å generere det lagdelte modulasjonssignalet; og sende det lagdelte modulasjonssignalet. I en utførelse er den andre signallag klar himmelmarginen mindre den første signallag klar himmelmarginen når den første signallagtilgjengeligheten og den andre signallagtilgjengeligheten er hovedsakelig lik. I en annen utførelse er den andre signallagtilgjengeligheten større enn den første signal-lagtilgjengeligheten og den andre
 25 signallag klar himmelmarginen M_U er lik hvor α_U i det minste delvis representerer regndempningen av den andre modulasjonsbæreren, α_L , minst delvis representerer regndempningen av den første lagmodulasjonsbæreren, β_U , minst delvis representerer tilleggsstøyen i den andre modulasjonsbæreren på grunn av regn, og β_L minst delvis representerer tilleggsstøyen i den første modulasjonsbæreren på grunn av regn.

30

Det refereres nå til tegningene hvori like henvisningstall representerer korresponderende deler:

Fig. 1 er et diagram som illustrerer en oversikt over et enkelt satellittvideofordelings-system;

35 Fig. 2 er et blokkdiagram som viser en typisk opplinkkonfigurasjon for en enkelt satellittransponder;

Fig. 3A er et diagram over en representativ datastrøm;

Fig. 3B er et diagram over en representativ datapakke;

Fig. 4 er et blokkdiagram som viser en utførelse av modulatorens;

Fig. 5 er et blokkdiagram over en integrert mottaker/dekoder;

5

Fig. 6A-6C er diagrammer som illustrerer det grunnleggende forholdet til signallag i en lagdelt modulasjonstransmisjon;

Fig. 7A-7C er diagrammer som illustrerer en signalkonstellasjon til et andre transmissjonslag over det første transmissjonslaget etter første lags demodulasjon;

10

Fig. 8 er et diagram som viser et system for å sende og motta lagdelte modulasjons-signaler;

Fig. 9 er et blokkdiagram som viser en utførelse av en forsterket eller forhøyet mottaker/dekoder som er i stand til å motta lagdelte modulasjonssignaler;

15

Fig. 10A er et blokkdiagram over en utførelse av den forsterkede tuner/modulator og FEC koder;

Fig. 10B viser en annen utførelse av den forsterkede tuner/modulator hvori lagsubtrahering blir utført på det mottatte lagdelte signalet;

20

Fig. 11A og 11B viser de relative effektnivåene til eksempelutførelser av den foreliggende oppfinnelsen;

Fig. 12 illustrerer et eksempeldatamaskinsystem som kan bli brukt for å implementere valgte moduler eller funksjoner til den foreliggende oppfinnelsen;

25

Fig. 13 er et diagram som både øvre og nedre signallag klar himmelmarginer som en funksjon av nedre lagterskel og ønsket tilgjengelighet;

Fig. 14 er en illustrasjon som viser eksempler på nedre og øvre signallag klar himmelmarginer som effektnivåer (dB) i forhold til termisk støy under klar himmelforhold;

30

vernebåndet slik som blir brukt i en lagdelt modulasjonsapplikasjon;

Fig. 15 er en opptegning som viser klar himmelmarginen som en funksjon av utilgjengelighet til det øvre signallaget;

35

og fig. 16 er et diagram som illustrerer eksempel fremgangsmåte trinn som kan bli brukt for å utøve en utførelse av oppfinnelsen.

I den følgende beskrivelsen refereres til de medfølgende tegningene som danner en del av denne, og som viser som illustrasjon flere utførelser av den foreliggende oppfinn-elsen. Det må forstås at andre utførelser kan benyttes og at strukturelle endringer kan utføres uten å forlate rammen for den foreliggende oppfinnelsen.

Fig. 1 er et diagram som illustrerer en oversikt over et enkelt satellittvideofordelings-system 100.

Videofordelingssystemet 100 omfatter et kontrollsenter 102 i kommunika-sjon med et opplinksenter 104 via en bakke eller annen link 114 og med en abonnent-mottakerstasjon 110 via et offentlig telefonnettverk (PSTN) eller annen link 120. Kontrollsenteret 102 tilveiebringer programmateriale (for eksempel videoprogrammer, audioprogrammer og data) til opplinksenteret 104 og koordinerer med abonnent-mottakerstasjonene 110 for å tilby, for eksempel, betalingsprogramtjenester (pay-per-view), innbefattende fakturering og tilordnet dekryptering av videoprogrammer.

Opplinksenteret 104 mottar programmateriale og programkontrollinformasjon fra kontrollsenteret 102, og bruker en opplinkantenne 106 og sender 105, sender programmateriale og programkontrollinformasjon til satellitten 108. Satellitten mottar og behandler denne informasjonen, og sender videoprogrammene og kontroll- informasjon til abonnentmottakerstasjonen 110 via nedlink 118 ved bruk av sender 107. Abonnentmottaksstasjonen 110 mottar denne informasjon ved bruk av utendørsenheten 112 (ODU), som innbefatter en abonnentantenne og en lavstøyblokkkonverter (LNB).

I en utførelse er abonnentmottaksstasjonsantenne en 18" litt ovalformet Ku-båndantenne. Den litt ovale formen skyldes den 22,5 grader forskjøvne matingen av LNB (lavstøyblokkkonverter) som ble brukt for å motta signaler reflektert fra abonnent-antennen. De forskjøvne mateposisjonene til LNB ut av veien slik at den ikke blokkerer noe overflateareal til antennen minimaliserer dempning av det innkomne mikrobølge-signalet.

Videofordelingssystemet 100 kan omfatte et mangfold satellitter 108 for å tilveiebringe bredere jorddekning, å tilveiebringe ytterligere kanaler, eller å tilveiebringe ytterligere båndbredde pr. kanal. I en utførelse av oppfinnelsen omfatter hver satellitt 16 transpondere for å motta og sende programmateriale og annen kontrolldata fra opplinksenteret 104 og tilveiebringe dette til abonnentmottaksstasjonene 110. Ved bruk av datakomprimering og multipleksingsteknikker på kanalkapasitetene, kan to satellitter 108 som arbeider sammen motta og kringkaste over 150 konvensjonelle (ikke-HDTV) audio- og videokanaler via 32 transpondere.

Mens oppfinnelsen som er her vil bli beskrevet med henvisning til et satellittbasert videofordelingssystem 100, kan den foreliggende oppfinnelsen også bli utført med terrestrialbasert transmisjon av programinformasjon, enten ved hjelp av kringkastings-innretninger, kabler eller andre innretninger. Videre kan de forskjellige funksjonene som kollektivt er allokert blant kontrollsenteret 102 og opplinksenteret 104

som beskrevet ovenfor, bli reallokert etter ønske uten å forlate den tiltenkte rammen for den foreliggende oppfinnelsen.

Selv om det forutgående er blitt beskrevet med hensyn til en utførelse hvori program-materialet levert til abonnenten 122 er video (og audio) programmateriale slik som en film, kan den forutgående fremgangsmåten bli brukt til å levere programmateriale som omfatter ren audioinformasjon eller andre data likeså gjerne.

Fig. 2 er et blokkdiagram som viser en typisk opplinkkonfigurasjon for en enkelt satellitt 108 transponder, og viser hvordan videoprogrammateriale blir opplinket til satellitten 108 av kontrollsenteret 102 og opplinksenteret 104. Fig. 2 viser tre videokanaler (som kan bli økt med en eller flere audiokanaler for høykvalitetsmusikk, lydsporinformasjon, eller et sekundært audioprogram for å sende fremmede språk), en datakanal fra et program-guidesubsystem 206 og datamaskindatainformasjon fra en datamaskindatakilde 208.

Videokanalen er tilveiebrakt fra en programkilde av videomateriale 200A-200C (kollektivt referert til i det etterfølgende som videokilde eller kilder 200). Dataene fra hver videoprogramkilde 200 er tilveiebrakt til en koder 202A-202C (kollektivt referert til i det etterfølgende som koder eller kodere 202). Hver av koderne aksepterer et programtidsstempel (PTS) fra kontrollinnretningen 216. PTS er et pakke-rundt binær tid stempel som blir brukt for å sikre av videoinformasjonen blir passende synkronisert med audioinformasjonen etter koding og dekodning. Et PTS tidsstempel blir sendt med hver I-ramme av de MPEG kodede dataene.

I en utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er hver koder 202 en andre generasjons Motion Picture Experts Group (MPEG-2) koder, men andre dekodere som implemen-terer andre kodingsteknikker kan likeså gjerne bli brukt. Datakanalen kan bli utsatt for en tilsvarende komprimeringsplan av en koder (ikke vist), men slik kompresjon er vanligvis enten unødvendig, eller blir utført av datamaskinprogrammer i datamaskin-datakilden (for eksempel blir fotografiske data typisk komprimert i *.TIF filer eller *.JPG filer før transmisjon). Etter koding av koderne 202, blir signalene omformet til datapakker av en pakker 204A-204F (felles referert til i det etterfølgende som pakkere 204) tilordnet med hver kilde 200.

Datapakkene blir satt sammen ved bruk av en referanse fra systemklokken 214 (SCR), og fra vilkårstilgangshåndtereren 210, som tilveiebringer SCID til pakkerne 204 for bruk ved generering av datapakkene. Disse datapakker blir så multiplekset til seriedata og sendt.

Fig. 3A er et diagram over en representativ datastrøm. Det første pakkesegmentet 302 omfatter informasjon fra videokanal 1 (data som kommer for eksempel fra den første videoprogramkilden 200A). Det neste pakkesegmentet 304 omfatter datamaskindata-informasjon som ble tilveierbrakt, fra for eksempel datamaskindatakilden 208. Det neste pakkesegmentet 306 omfatter informasjon fra videokanal 5 (fra en av

videoprogram-kildene 200). Det neste pakkesegmentet 308 omfatter programguideinformasjon slik som informasjonen tilveiebrakt av programguidesubsystemet 206. Som vist på fig. 3A, kan nullpakker 310 skapt av nullpakkemodulen 212 bli innført i datastrømmen etter ønske.

5 Datastrømmen omfatter derfor en serie pakker fra en hvilken som helst av datakildene i en orden bestemt av kontrollinnretningen 216. Datastrømmen blir kryptert av krypteringsmodulen 218, modulert av modulatoren 220 (typisk ved bruk av en QPSK modulasjonsplan), og tilveiebrakt til senderen 105, som kringkaster den modulerede datastrømmen på en frekvensbåndbredde til satellitten via antennen 106. Mottakeren 500 ved mottakerstasjonen 110 mottar disse signaler og bruker SCID, setter sammen pakkene igjen for å regenerere programmateriale for hver av kanalene.

Fig. 3B er et diagram over en datapakke. Hver datapakke (for eksempel 302-316) er 130 bytes lang og omfatter et antall pakkesegmenter. Det første pakkesegmentet 320 omfatter to bytes informasjon som inneholder SCID og flagg. SCID er et unikt 12-bit nummer som på unik måte identifiserer datapakkens datakanal. Flaggene innbefatter 4 bits som blir brukt for å styre andre trekk. Det andre pakkesegmentet 322 består av en 4-bits pakketypeindikator og en 4-bit kontinuitetsteller. Pakketypen identifiserer pakken som en av 4 datatyper (video, audio, data eller null). Kombinert med SCID, bestemmer pakketypen hvordan datapakken skal bli brukt. Kontinuitetstilleren øker en gang for hver pakketype og SCID. Det neste pakkesegmentet 324 omfatter 127 bytes av nyttelastdata, som i tilfellene med pakker 302 eller 306 er en del av videoprogrammet tilveiebrakt av videoprogramkilden 200. Sluttpakkesegmentet 326 er data som er nødvendig for å utføre fremoverfeilkorreksjon.

Fig. 4 er et blokkdiagram som viser en utførelse av modulatoren 220. Modulatoren 220 omfatter etter valg av en fremoverfeilkorreksjonskoder 404 (FEC) som aksepterer de første signalsymbolene 402 og tilføyer redundant informasjon som blir brukt til å redusere transmisjonsfeil. De kodede symbolene 405 blir modulert av modulatoren 406 i samsvar med den første bærer 408 for å produsere et øvre lag modulert signal 410. Andre symboler 420 blir likeledes tilveiebrakt til en valgfri andre FEC koder 422 for å produsere kodede andre symboler 422. De kodede andre symbolene 422 blir tilveiebrakt til en andre modulator 414, som modulerer de kodede andre signalene i samsvar med en andre bærer 416 for å produsere et nedre lag modulert signal 418. De resulterende signalene blir så sendt av en eller flere sendere 420, 422. Det øvre lag modulerte signalet 410 og det nedre lag modulerte signalet 418 er derfor ikke-korrelet, og frekvensområdet som ble brukt til å sende hvert lag kan i hovedsaken eller fullstendig overlappe frekvensspekteret som benyttes for å sende det andre. For eksempel, som vist på fig. 4, kan frekvensspekteret $f_1 \rightarrow f_3$ 432 til det øvre lagsignalet 410 overlappe frekvensspekteret $f_2 \rightarrow f_4$ 434 til det nedre lagssignalet 418 i frekvensbånd $f_2 - f_3$ 436. Det øvre lagsignalet 410 må imidlertid være et tilstrekkelig større amplitudesignal enn det nedre lagsignalet 418 for å kunne opprettholde signalkonstellasjonene vist på fig. 6 og 7. Modulatoren 220 kan også anvende pulsfremende teknikker (illustrert ved puls $p(t)$ 430) for å ta hensyn til den begrensede kanalbåndbredden. Selv om fig. 4 illustrerer den samme pulsformingen $p(t)$ 430 påtrykt begge lag, kan like gjerne forskjellig puls-forming bli påtrykt hvert lag.

Fig. 5 er et blokkdiagram over en integrert mottaker/dekoder (IRD) 500 (også i det etterfølgende alternativt referert til som mottaker 500). Mottakeren 500 omfatter en tuner/demodulator 504 som er kommuniserende koblet til en ODU 112 som har en eller flere LNBER 502. LNB 502 omformer 12,2 til 12,7 GHz nedlink 118 signalet fra satellittene 108 til for eksempel et 950-1450 MHz signal som kreves av IRD 500

5 tuner/demodulatoren 504. LNB 502 kan tilveiebringe enten en dual eller en enkel utgang. Den enkle utgangen LNB 502 har bare en RF konnektor, mens den duale utgangen LNB 502 har to RF utgangskonnektorer og kan bli brukt til å mate en andre tuner 500, en andre mottaker 500, eller en annen form for fordelingssystem.

10 Tuner/demodulatoren 504 isolerer en enkelt, digitalt modulert 24 MHz transponder, og omformer de modulerte dataene til en digital datastrøm. Ytterligere detaljer med hensyn på demoduleringen av det mottatte signalet følger.

15 Den digitale datastrømmen blir så matet til en fremoverfeilkorreksjonsdekoder 506 (FEC). Dette tillater IRD 500 igjen å sette sammen dataene sendt av opplinksenteret 104 (som påtrykt fremoverfeilkorreksjonen til det ønskede signalet før transmisjon til abonnentmottaksstasjonen 110) og verifiserer at det korrekte datasignalet ble mottatt, og korrigerer feil dersom det er noen. De feilkorrigerede dataene kan bli matet fra FEC dekodermodule 506 til transportmodule 508 via et 8-bit parallellgrensesnitt.

20 Transportmodule 508 utfører mange av databehandlingsfunksjonene utført av IRD 500. Transportmodule 508 behandler data mottatt fra FEC dekodermodule 506 og tilveiebringer de behandlede dataene til video MPEG dekoderen 514 og audio MPEG dekoderen 517. I en utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er transportmodule, video-MPEG dekoderen og audio-MPEG dekoderen alle implementert på integrerte

25 kretser. Denne design fremmer både rom og effekteffektivitet, og øker sikkerheten til funksjonene utført innen transportmodule 508. Transportmodule 508 tilveiebringer også en passasje for kommunikasjoner mellom mikrokontrollinnretningen 510 og video- og audio-MPEG dekodere 514, 517. Slik det angis mer fullstendig i det etterfølgende, arbeider også transportmodule med vilkårsaksessmodule (CAM) 512 for å bestemme hvorvidt abonnentmottaksstasjonen 110 er tillatt å aksessere bestemt programmateriale. Data fra

30 transportmodule kan også bli matet til ekstern kommunikasjonsmodul 526.

CAM 512 fungerer i forbindelse med andre elementer for å dekode et kryptert signal fra transportmodule 508. CAM 512 kan også bli brukt til å spore og fakturere disse tjenester. I en utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er CAM 512 et smartkort som har kontakter som samvirker med kontakter i IRD 500 for å

35 sende informasjon. For å kunne implementere behandlingen utført i CAM 512, IRD 500 og spesielt transport-module 508 tilveiebringes et klokkesignal til CAM 512.

Videodata blir behandlet av MPEG videodekoderen 514. Ved bruk av videodirekte-tilgangslageret (RAM) 536, dekode MPEG videodekoderen 514 de komprimerte video-dataene og sender disse til en koder eller

videobehandler 516, som omformer den digitale videoinformasjonen mottatt fra video MPEG modulen 514 inn i et utgangs-signal som kan benyttes av et display eller annen utgangsordning. Som eksempel kan prosessoren 516 omfatte en National TV Standards Committee (NTSC) eller Advanced Television Systems Committee (ATSC) koder. I en utførelse av oppfinnelsen blir både S-video og ordinær video (NTSC eller 5 ATSC) signaler tilveiebrakt. Andre utgangs-signaler kan også bli brukt og er fordelaktig dersom høyoppløsningsprogrammering blir behandlet.

Audiodata blir likeledes dekodet av MPEG audiodekoderen 517. De dekodete audio-dataene kan så bli sendt til en digital til analog (D/A) omformer 518. I en utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er D/A 10 omformeren 518 en dual D/A omformer, en for høyre og venstre kanaler. Dersom det er ønskelig, kan ytterligere kanaler bli tilføyd for bruk ved omgivelseslydbehandling eller sekundære audioprogrammer (SAP). I en utførelse av oppfinnelsen separerer selve dual D/A omformeren 518 venstre og høyre kanalinformasjonen, så vel som ytterligere kanalinformasjon. Andre audioformater kan støttes på tilsvarende måte. For eksempel kan andre audioformater slik som multi-kanal DOLBY DIGITAL AC-3 bli støttet.

15 En beskrivelse av prosessene utført ved koding og dekoding av videostrømmer, spesielt med hensyn på MPEG og JPEG koding/dekoding, kan finnes i kapittel 8 av "Digital Television Fundamentals" av Michael Robin og Michel Poulin, McGraw-Hill, 1998, som herved er innlemmet som referanse.

20 Mikrokontrollinnretningen 510 mottar og behandler kommandosignaler fra fjern-kontrollen 524, et IRD 500 tastaturgrensesnitt og/eller annen innmatingsanordning 524. Mikrokontrollinnretningen mottar kommandoer for å utføre dens operasjoner fra et prosessorprogrammeringslager, som permanent lagrer slike instruksjoner for å utføre slike kommandoer. Prosessorprogrammeringslageret kan omfatte et leselager (ROM) 538, et elektrisk slettbart programmerbart leselager (EEPROM) 522 eller en tilsvarende anordning.

25 Mikrokontrollinnretningen 510 styrer også de andre digitale anordningene til IRD 500 via adresse og datalinjer (benevnt henholdsvis "A" og "D" på fig. 5).

Modemet 540 forbinder kundens telefonledning via PSTN porten 120. Den anroper for eksempel programleverandøren og sender kundens handelsinformasjon for fakturerings-formål, og/eller annen 30 informasjon. Modemet 540 blir styrt av mikroprosessoren 510. Modemet 540 kan sende ut data til andre I/O porttyper innbefattende standard parallell og serie datamaskin I/O porter.

Den foreliggende oppfinnelsen omfatter også av en lokal lagringsenhet slik som video-lagringsanordningen 532 for lagring av video og/eller audiodata tilveiebrakt fra transportmodulen 508. Videolageranordningen 35 532 kan være et harddiskdrev, en lese/skrivbar kompaktplate av DVD, et fast RAM, eller et annet lagringsmedium. I en utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er videolagringsanordningen 532 et harddiskdrev med spesialisert parallell lese/skriveevne slik at data kan leses fra videolagringsanordningen 532 og bli skrevet til anordningen 532 samtidig. For å besørge dette, kan ytterligere bufferlager som kan aksesseres av videolageret 532 eller dets kontrollinnretning bli brukt. Etter valg kan en videolagerprosessor

530 bli brukt for å håndtere lagring og gjenvinning av videodataene fra videolageranordningen 532. Videolagringsprosessen 530 kan også omfatte lager for bufring av data som passerer inn og ut av videolageranordningen 532. Alternativt eller i kombinasjon med det forutgående kan et mangfold av videolageranordninger 532 bli brukt. Også alternativt eller i kombinasjon med det forutgående, kan

5 mikrokontrollinnretningen 510 også utføre operasjonene som påkreves for å lagre og/eller gjenvinne video og andre data i videolageranordningen 532.

Inngangen til videobehandlingsmodulen 516 kan bli direkte matet som en videoutgang til en observasjonsanordning slik som en video eller datamaskinmonitor. I tillegg kan video- og/eller

10 audioutgangssignaler bli matet til en RF modulator 534 for å produsere et RF utgangssignal og/eller 8 vestigiale sidebånd (VSB) som er egnet som et inngangs-signal for en digital terrestrial TV-tuner. Dette tillater mottakeren 500 å arbeide med TV uten en videoutgang.

Hver av satellittene 108 omfatter en transponder som aksepterer programinformasjon fra opplinksenteret

15 504, og videresender denne informasjon til abonnentmottaksstasjonen 110. Kjente multipleksingsteknikker blir brukt slik at multiple kanaler kan bli tilveiebrakt for brukeren. Disse multipleksingsteknikkene innbefatter som eksempel forskjellige statistiske eller andre tidsdomaine multipleksingsteknikker og polarisasjons-multipleksing. I en utførelse av oppfinnelsen fører en enkelt transponder som arbeider ved et enkelt frekvens et mangfold av kanaler identifisert ved respektiv tjenestekanal-identifikasjon (SCID).

20 IRD 500 mottar og lagrer fortrinnsvis også en programguide i et lager som er tilgjengelig for mikrokontrollinnretningen 510. Det er typisk at programguiden blir mottatt i en eller flere datapakker i datastrømmen fra satellitten 108. Programguiden kan bli aksessert og søkt ved utøvelsen av egnede operasjonstrinn implementert av mikrokontrollinnretningen 510 og lagret i prosessor ROM 538.

25 Programguiden kan innbefatte data for å kartlegge seerkanalnummer til satellittranspondere og tjenestekanal-identifikasjoner (SCID), og også tilveiebringe TV-programopplittingsinformasjon til abonnenten 122 som identifiserer programhendelser.

Funksjonaliteten implementert i IRD 500 vist på fig. 5 kan bli implementert av en eller flere

30 maskinvaremoduler, en eller flere programvaremoduler som definerer instruksjoner som utføres av en prosessor, eller en kombinasjon av begge deler.

Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer for modulasjon av signaler ved forskjellige effektnivåer og med fordel for signalene som er ikke-koherente fra hvert lag. I tillegg kan uavhengig modulasjon og koding

35 av signalene bli utført. Bakoverkompatibilitet med "gamle" mottakere, slik som en kvadraturfaseskifttasting (QPSK) mottaker blir klargjort og nye tjenester blir tilveiebrakt til nye mottakere. En typisk ny mottaker i henhold til den foreliggende oppfinnelsen benytter to demodulatorer og en remodulator, slik det vil bli beskrevet detaljert i det etterfølgende.

I en typisk bakoverkompatibel utførelse av den foreliggende oppfinnelsen blir det "gamle" QPSK signalet økt i effekt til et høyere transmisjons- (og mottaks) nivå. Den gamle mottakeren vil ikke være i stand til å skille det nye lavere lagsignalet fra tilføydd hvit Gauss støy og arbeider således på den vanlige måten. Det optimale valg av laveffektnivåer er basert på opptak av det gamle utstyret, så vel som nye gjennomløp og tjenester.

Det kombinerte lagdelte signalet blir demodulert og dekodet ved først å demodulere det øvre laget for å fjerne den øvre bærer. Det stabiliserte lagdelte signalet kan så ha det øvre laget FEC dekodet og de utsendte øvre lagsymbolene kommunisert til den øvre lagets transport. De øvre lagsymbolene blir også brukt i en remodulator for å generere et idealisert øvre lagsignal. Det idealiserte øvre lagsignalet blir så subtrahert fra stabiliserte lagdelte signalet for å avdekke det nedre lagdelte signalet. Det nedre lagdelte signalet blir så demodulert og FEC kodet og kommunisert til den nedre lagtransporten.

Det nye nedre signalet blir tilveiebrakt med en tilstrekkelig bærer til termisk støy-forhold for å fungere passende. Det nye nedre lagsignalet og det forsterkede gamle signalet er ikke-koherente med hensyn til hverandre. Derfor kan det nye nedre lagsignalet bli implementert fra en forskjellig TWTA og til og med fra en forskjellig satellitt. Det nye nedre lagsignalfORMATet er også uavhengig av det gamle formatet, det kan for eksempel være QPSK eller 8PSK, ved bruk av den konvensjonelle sammen-kjedede FEC kode eller ved bruk av en ny Turbo-kode. det nedre lagsignalet kan til og med være et analogt signal.

Signaler, systemer og fremgangsmåter som bruker den foreliggende oppfinnelsen kan bli brukt til å supplere en forhåndseksisterende transmisjon som er kompatibel med gammel mottaksmaskinvare i en bakoverkompatibel applikasjon eller som en del av en forhåndsplanlagt lagdelt modulasjonsarkitektur som tilveiebringer et eller flere ytterligere lag ved det nåværende eller senere tidspunkt.

Fig. 6A-6C illustrerer det grunnleggende forholdet til signallag i en lagdelt modulasjonstransmisjon. På disse figurene er den horisontale aksens for i-fasen, eller "I-verdien til det fremviste symbolet, og den vertikale aksens er kvadraturen eller "Q"-verdien til det fremviste symbolet. Fig. 6A illustrerer en første lagsignalkonstellasjon 600 for et transmisjonssignal og viser signalpunktene eller symboler 602. Denne signalkonstellasjonen i fig. 6B illustrerer den andre lagsignalkonstellasjonen av symboler 604 over den første lagsignalkonstellasjonen 600 hvor lagene er koherente. Fig. 6C illustrerer et andre lagsignal 606 til et andre transmisjonslag over den første lagkonstellasjonen hvor lagene kan være ikke-koherente. Det andre laget 606 roterer om den første lagkonstellasjonen 602 på grunn av de relative modulasjonsfrekvensene til de to lagene i en ikke-koherent transmisjon. Både det første og det andre laget roterer om opprinnelsen på grunn av den første lagmodulasjonsfrekvensen som beskrevet av banen 608.

Fig. 7A-7C er diagrammer som illustrerer en signalkonstellasjon til et andre transmisjonslag over det første transmisjonslaget etter første lagdemodulasjon. Fig. 7A viser konstellasjonen 700 før den første bærergjenvinningssløyfen (CRL), og fig. 7B viser konstellasjonen 704 etter CRL. I dette tilfellet er

signalpunktene til det andre laget virkelig ringer 702. Fig. 7C viser en fasefordeling til det mottatte signalet med hensyn på noder 602.

Relative modulasjonsfrekvenser bringer den andre lagkonstellasjonen til å rotere rundt nodene til den første lagkonstellasjonen. Etter den andre laget CRL er denne rotasjonen eliminert. Radius til den andre lagerkonstellasjonen blir bestemt av dens effektnivå. Tykkelsen til ringene 702 blir bestemt av bærer til støyforholdet (CNR) til det andre laget. Siden de to lagene er ikke-koherente, kan det andre laget også bli brukt til å sende analoge eller digitale signaler.

Fig. 8 er et diagram som viser et system for å sende og motta lagdelte modulasjons-signaler. Separate sendere 107A, 107B, som kan befinne på en hvilken som helst egnet plattform, slik som satellitter 108A, 108B, blir brukt for på ikke-koherent måte å sende forskjellige lag av et signal i henhold til den foreliggende oppfinnelsen. Opplinks-signaler 116 blir typisk sendt til hver satellitt 108A, 108B fra en eller flere sendere 105 via en antenne 106. De lagdelte signalene 808A, 808B (nedlinkssignaler) blir mottatt på mottakerantenner 112A, 112B, slik som satellittallerkner, hver med en lav støyblokk (LNB) 810A, 810B, hvor de så blir koblet til integrerte mottakere/dekodere (IRD) 500, 802. Siden signallagene kan bli sendt ikke-koherent, kan separate transmisjonslag bli tilføyd ved enhver tid ved bruk av forskjellige satellitter 108A, 108B eller andre egnede plattformer, slik som bakkebaserte eller plattformer i stor høyde. Et hvilket som helst sammensatt signal, innbefattende nye tilleggssignallag, vil således være bakoverkompatibelt med gamle mottakere 500, som vil forkaste de nye signalene. For å sikre at signalene ikke interfererer, må det kombinerte signal og støynivået for det nedre signal-laget være ved eller under det tillatte støygulvet til det øvre laget.

Lagdelte modulasjonsapplikasjoner innbefatter bakoverkompatibelt og ikke-bakoverkompatibelt applikasjoner. "Bakoverkompatibelt" beskriver i dette henseendet systemer hvori nedarvede eller gamle mottakere 500 ikke er blitt utdaterte av de ytterligere signallagene. I stedet, selv om de gamle mottakene 500 ikke er i stand til å dekode de ytterligere signallagene, er de i stand til å motta det lagdelte modulerte signalet og dekode det opprinnelige signallaget. I disse applikasjoner blir eksisterende systemarkitektur opptatt av arkitekturen til de ytterligere signallagene. "Ikke-bakoverkompatibelt" beskriver en systemarkitektur som gjør bruk av lagdelt modulasjon, men modulasjonen og kodingsplan som blir brukt er slik at eksisterende utstyr ikke er i stand til å motta og dekode informasjonen i ytterligere signallag.

De eksisterende gamle IRDer 500 dekode og gjør bruk av data bare fra laget eller lagene som de var designet for å motta, upåvirket av de ytterligere lagene. Den foreliggende oppfinnelsen kan anvendes på eksisterende direkte satellittjenester som blir kringkastet til individuelle brukere for å muliggjøre ytterligere trekk og tjenester med nye mottakere uten på negativ måte å påvirke gamle mottakere og uten at det kreves ytterligere signalfrekvenser.

Fig. 9 er et blokkdiagram som viser en utførelse av en forsterket eller forhøyet IRD 802 som er i stand til å motta lagdelte modulasjonssignaler. Den forsterkede IRD 802 innbefatter en tilbakekoblingsbane 902 hvori FEC dekoderte symbolene blir matet tilbake til en forsterket modifisert tuner/demodulator 904 og transportmodul 908.

5

Fig. 10A er et blokkdiagram over en utførelse av den forsterkede tuner/modulatoren 904 og FEC koder 506. Fig. 10A viser mottak hvor lagsubtrahering blir utført på et signal hvor den øvre bæreren har blitt demodulert. Det øvre laget til det mottatte kombinerte signalet 1016 fra LNB 502, som kan inneholde gammelt modulasjonsformat, blir tilveiebrakt til og behandlet av en øvre lag demodulator 1004 for å produsere et stabilt demodulert signal 1020. Det demodulerte signalet 1020 blir matet til en kommunikasjonsmessig koblet FEC dekode 1002 som dekode det øvre laget for å produsere de øvre lagsymbolene som blir sendt ut til en øvre lagtransport. De øvre lagsymbolene blir også brukt til å generere et idealisert øvre lagsignal. De øvre lagsymbolene kan bli produsert fra dekode 1002 etter Viterbi dekode ($BER < 10^{-3}$ eller så) eller etter Reed-Solomon (RS) dekode ($BER < 10^{-9}$ eller så), i typiske dekodingsoperasjoner kjent for fagkyndige på området. De øvre lagsymbolene blir tilveiebrakt via tilbakekoblings-banen 902 fra øvre lagdekoderen 1002 til en remodulator 1006 og så en modul som påtrykker forstyrrelse som ville bli introdusert av satellittnedlinknettverket. Dette produserer på effektiv måte et idealisert øvre lagsignal. Det idealiserte øvre nivåsignalet blir subtrahert fra det demodulerte øvre lagsignalet 1020.

10

15

20

For at subtraheringen skal etterlate et rent nedre lagsignal, må det øvre lagsignalet være nøyaktig reproduisert. Det modulerte signalet kan ha bli forstyrret, for eksempel ved å forflytte seg i bølgerørforsterker (TWTA) og utsatt for ikke-linearitet eller annen ikke-lineær eller lineær forstyrrelse i transmisjonskanalen. Forstyrrelseeffektene blir estimert fra det mottatte signalet etter dette faktum eller fra TWTA karakteristika som kan bli nedlastet i IRD i AM – AM og/eller AM – PM kart 1014.

25

En subtraherer 1012 subtraherer så det idealiserte øvre lagsignalet fra det stabile demodulerte signalet 1020. Dette etterlater det laveffekt andre lagsignalet. Subtrahereren 1012 kan innbefatte en buffer eller forsinkelsesfunksjon for å beholde det stabile demodulerte signalet 1020 når det idealiserte øvre lagsignalet blir konstruert. Det andre lagsignalet blir demodulert av lavnivådemodulatoren 1010 og FEC dekodet av dekode 1008 i samsvar med dets signalformat for å produsere lavlagsymbolene, som blir tilveiebrakt til en transportmodul tilsvarende 508, men for det lavere eller nedre laget.

30

35

Fig. 10B viser en annen utførelse hvor lagsubtrahering blir utført på det mottatte lag-delte signalet. I dette tilfellet produserer den øvre lagdemodulatoren 1004 det øvre bærersignalet 1022. Et øvre bærersignal 1022 blir tilveiebrakt til remodulatoren 1006. Remodulatoren 1006 tilveiebringer det remodulerte signalet til den ikke-lineære forstyrrelseskartleggeren 1018 som effektivt produserer et idealisert øvre lagsignal. Til forskjell fra utførelsen vist på fig. 10A, innbefatter i denne utførelsen det idealiserte øvre lagsignalet den øvre lagbæreren for subtrahering fra det mottatte kombinerte signalet 416.

Andre ekvivalente fremgangsmåter for lagsubtrahering vil være kjent for fagkyndige på området og den foreliggende oppfinnelsen er ikke begrenset til eksemplene som er tilveiebrakt her. Enn videre vil fagkyndige på området forstå at den foreliggende oppfinnelsen ikke er begrenset til to lag; idet ytterligere lag kan være innbefattet. Idealiserte øvre lag blir produsert ved remodulasjon fra deres respektive lagsymboler og subtrahert. Subtraksjon kan bli utført på enten det mottatte kombinerte signalet eller et demodulert signal. Sluttlig er det ikke nødvendig at alle signallagene er digitaliserte transmisjoner; det laveste laget kan være en analog transmisjon.

Den følgende analysen beskriver et eksempel på to lag demodulasjon og dekoding. Det vil være åpenbart for fagkyndige på området at ytterligere lag kan bli demodulert og dekodet på en tilsvarende måte. Det innkommende kombinerte signalet er representert som:

$$s_{UL}(t) = f_U \left(M_U \exp(j\omega_U t + \theta_U) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Um} p(t - mT) \right) + f_L \left(M_L \exp(j\omega_L t + \theta_L) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m) \right) + n(t)$$

hvor M_u er størrelsen til det øvre lag QPSK signalet og M_L er størrelsen til det nedre lag QPSK signalet og $M_L \ll M_u$. Signalfrekvensene og faser for øvre og nedre lagsignaler er henholdsvis ω_u, θ_u og ω_u, θ_u . Symboltimingfeil mellom det øvre og nedre laget er ΔT_m . Uttrykket $p(t - mT)$ representerer den tidsforskjøvn versjonen av pulsformings-filteret $p(t)$ 430 anvendt i signalmodulasjon. QPSK symboler S_{Um} og S_{Lm} er elementer av $\left\{ \exp(j \frac{n\pi}{2}), n=0,1,2,3 \right\}$. $f_U(\cdot)$ og $f_L(\cdot)$ angir forstyrrelsesfunksjonen til TWTA for de respektive signalene.

Ved å ignorere $f_u(\cdot)$ og $f_L(\cdot)$ og støy $m(t)$, representerer det følgende utgangssignalet fra demodulatoren 1004 til FEC dekodere 1002 etter fjerning av den øvre bæreren:

$$s'_{UL}(t) = M_U \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Um} p(t - mT) + M_L \exp\{j(\omega_L - \omega_U)t + \theta_L - \theta_U\} \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m)$$

På grunn av størrelsesforskjellen mellom M_U og M_L , forkaster den øvre lagdekoderen 402 M_L komponenten til $s'_{UL}(t)$.

Etter subtrahering av det øvre laget fra $s_{UL}(t)$ i subtrahereren 1012, er det følgende igjen:

$$s'_L(t) = M_L \exp\{j(\omega_L - \omega_U)t + \theta_L - \theta_U\} \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m)$$

Eventuelle forstyrrelseffekter slik som TWTA ikke-linearitetseffekter blir estimert for signalsubstrahering. I en typisk utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er den øvre og nedre lagfrekvensen hovedsakelig lik. Betydelige forbedringer av systemeffektivitet kan bli oppnådd ved å bruke en frekvens forskjøvet mellom

5 lag.

Ved bruk av den foreliggende oppfinnelsen dobles to-lags bakoverkompatibel modulasjon med QPSK dagens gamle systemkapasitet som benytter en gammel driftsmodus med en 6/7 FEC koderate. Denne kapasitetsøkning blir klart ved å sende en bakoverkompatibel øvre lagbærer gjennom en TWTA som er

10 omtrent 6,2 dB over effekten som benyttes i det gamle systemet. De nye lavere lag QPSK signalene kan bli sendt fra for eksempel en separat sender eller fra en forskjellig satellitt.

Systemer som bruker 16QAM modulasjon kan være designet for å tilveiebringe tilsvarende transmisjonskapasitet, men dette modulasjonsformatet krever rimelig lineære sendeforsterkere. Med lagdelt

15 modulasjon kan separate forsterkere bli brukt for hvert lag, og dersom QPSK signaler blir brukt for disse lag, kan disse forsterkere bli brukt i en mer effektiv ikke-lineær modus. Lagdelt modulasjon eliminerer således behovet for mindre effektiv lineær vandreboelgerforsterkere (TWTA) som er nødvendige for 16QAM. Ingen fasefeilstraff blir heller ikke innført på høyere ordens modulasjoner slik som 8PSK og 16QAM.

20 Fig. 11A viser de relative effektnivåene 1100 for eksempelutførelser av den foreliggende oppfinnelsen uten at det tas hensyn til virkningene av regn. Innlemming av regnfadingeffekter skjer ved inklusjonen av klar himmelmargin i beregningen av sende-effektnivåer, og dette blir behandlet i et senere avsnitt. Fig. 11A er ikke en tegning i riktig målestokk. Denne utførelse doubler den forhåndseksisterende raten 6/7 kapasitet ved å

25 bruke en TWTA hvis effektnivå er 6,2 dB over en forhåndseksisterende (gammel) TWTA, og en andre TWTA hvis effektnivå er 2 dB under nivået til en forhåndseksister-ende (gammel) TWTA. Denne utførelsen bruker øvre og nedre QPSK lag som er ikke-koherente. En FEC koderate på 6/7 blir også brukt i begge lag. I denne utførelse blir signalet til det gamle QPSK 1102 signalet brukt til å generere det øvre laget 1104 og et nytt QPSK lag er det nedre laget 1110. Det gamle QPSK signalet 1102 har en terskel CNR (dvs.

30 bærer til støyforholdet som er nødvendig for å oppnå akseptabel ytelse) på omtrent 7 dB. Det nye lavere QPSK laget 1110 har en terskel CNR på omtrent 5 dB. I den foreliggende oppfinnelsen blir så det lavere QPSK lagsendeeffektnivået 1110 først innstilt slik at den mottatte lavlageffekten er 5 dB over referansetermisk støyeffekt-nivået 1108. Både den termiske støyen og lavlagsignalet vil opptre som støy ovenfor det øvre lag gamle QPSK signalet, og denne kombinerte støyeffekten må tas hensyn under

35 innstilling av det øvre lag sendeeffektnivået. Den kombinerte effekten til disse to støykildene 1106 er 6,2 dB over referansetermisk støygulvet 1108. Det gamle QPSK signalet må så bli forsterket i effekt ved omtrent 6,2 dB over det gamle signaleffekt-nivået 1102 og bringer det nye effektnivået til omtrent 13,2 dB som det øvre laget 1104. På denne måte holdes den kombinerte lavlagsignaleffekt og termisk støynivåeffekt på eller under det tolererbare støygulvet 1106 til det øvre laget.

En bør merke seg at oppfinnelsen kan utvides til multiple lag med blandede modulasjoner, koding og koderater.

I en alternativ utførelse av denne bakoverkompatible applikasjonen kan en FEC koderate på 2/3 bli brukt for både det øvre og nedre laget 1104, 1110. I dette tilfellet er terskelen CNR til det gamle QPSK signalet 1102 (med en FEC koderate på 2/3) omtrent 5,8 dB. Det gamle signalet 1102 blir forsterket med omtrent 5,3 dB til omtrent 11,1 dB (4,1 dB over det gamle QPSK signalet 1102 med en FEC koderate på 2/3) for å danne det øvre QPSK laget 1104. Det nye lavere QPSK laget 1110 har en terskel CNR på omtrent 3,8 dB. Det totale signalet og støyen til det lavere laget 1110 blir holdt på eller under omtrent 5,3 dB, det tolererbare støygulvet 1106 til det øvre QPSK laget. I dette tilfellet er den totale kapasiteten 1,55 ganger kapasiteten til det gamle eller nedarvede signalet 1102.

I en ytterligere utførelse av en bakoverkompatibel applikasjon av den foreliggende oppfinnelsen kan koderatene mellom det øvre og nedre laget 1104, 1110 bli blandet. For eksempel kan det nedarvede QPSK signalet 502 bli forsterket med omtrent 5,3 dB til omtrent 12,3 dB med FEC koderaten uendret ved 6/7 for å skape det øvre QPSK laget 1104. Det nye lavere QPSK laget 1110 kan bruke en FEC koderate på 2/3 med en terskel CNR på omtrent 3,8 dB. I dette tilfellet er den totale kapasiteten 1,78 ganger kapasiteten til det nedarvede eller gamle signalet 1102.

Som tidligere beskrevet, kan den foreliggende oppfinnelsen også bli brukt i "ikke-bakover kompatible" applikasjoner. I en første eksempelutførelse blir to QPSK lag 1104, 1110 brukt, hver ved en FEC koderate på 2/3. Det øvre QPSK laget 504 har en terskel CNR på omtrent 4,1 dB over dets støygulv 1106 og det lavere QPSK laget 1110 har også en terskel CNR på omtrent 4,1 dB. Den kombinerte effekten til den termiske støyen og det lavere QPSK laget 1110 er omtrent 5,5 dB over referansetermisk støy-nivået 1108. CNR for det øvre QPSK signalet 1104 blir så innstilt ved omtrent 9,6 dB, (4,1 + 5,5 dB), bare 2,4 dB over den nedarvede QPSK signalraten 6/7. Kapasiteten er da en faktor på omtrent 1,56 sammenlignet med den nedarvede raten 6/7.

Fig. 11B viser de relative effektnivåene til en alternativ utførelse hvori både det øvre og nedre effektlaget 11104, 1110 kan være under det nedarvede signalnivået 1102. De to QPSK lagene 1104, 1110 bruker en koderate på 1/2. Det nedre og øvre QPSK laget har en terskel CRN på omtrent 2,0 dB. I dette tilfellet er det øvre QPSK laget 1104 omtrent 2,0 dB over dets støygulv 1106 på omtrent 4,1 dB. Det øvre lagsignalnivået på 6,1 dB er lavere enn de 7,0 dB til det nedarvede signalet. Kapasiteten til denne utførelse er en faktor på omtrent 1,17 sammenlignet med den nedarvede raten 6/7.

35

Fig. 12 illustrerer et eksempeldatamaskinsystem 1200 som kan bli brukt for å implementere valgte moduler eller funksjoner til den foreliggende oppfinnelsen. Datamaskinen 1202 omfatter en prosessor 1204 og et lager, slik som direktelager (RAM) 1206. Datamaskinen 1202 er operativt koblet til et display 1222 som presenterer bilder slik som vinduer for brukeren på et grafisk brukergrensesnitt 1218B. Data-maskinen 1202

kan være koblet til andre anordninger, slik som et tastatur 1214, en museanordning 1216, en printer etc. Fagkyndige på området vil selvsagt forstå at en hvilken som helst kombinasjon av komponentene ovenfor, eller et hvilket som helst antall forskjellige komponenter, periferutstyr, og andre anordninger, kan bli brukt med datamaskinen 1202.

5

Generelt arbeider datamaskinen 1202 under styring av et operativsystem 1208 lagret i lageret 1206, og har grensesnitt med brukeren for å akseptere innmatninger og kommandoer og presenterer resultater via et grafisk brukergrensesnitt (GUI) modul 1218A. Selv om GUI modulen 1218A er vist som en separat modul, kan instruksjonene for å utføre GUI funksjonene være iboende eller fordelt i operativsystemet 1208, data-
 10 maskinprogrammet 1210, eller implementert med spesielt formållager og prosessorer. Datamaskinen 1202 implementerer også en kompilator 1212 som tillater et applika-sjonsprogram 1210 skrevet i et programmeringsspråk slik som COBOL, C++, FORTRAN, eller annet språk å bli oversatt i prosessoren 1204 lesbar kode. Etter komplettering aksesserer applikasjonen 1210 og manipulerer data lagret i lageret 1206 av datamaskinen 1202 ved bruk av forholdene og logikk som ble generert ved bruk av kompilatoren
 15 1212. Datamaskinen 1202 omfatter også etter valg en ekstern kommunikasjonsanordning slik som et modem, satellittlink, Eternettkort, eller annen anordning for å kommunisere med andre datamaskiner.

I en utførelse er instruksjoner som implementerer operativsystemet 1208, datamaskin-programmet 1210 og kompilatoren 1212 virkeliggjort i et datamaskinlesbart medium, for eksempel datalagringsanordning 1220,
 20 som kan innbefatte en eller flere faste eller fjernbare datalagringsanordninger, slik som et zipdrev, floppydiskdrev 1224, harddisk, CD-ROM-disk, tapedisk etc. Videre består operativsystemet 1208 og datamaskin-programmet 1210 av instruksjoner som, når de er lest og utført av datamaskinen 1202, bringer datamaskinen 1202 til å utføre trinnene som er nødvendig for å implementere og/eller bruke den foreliggende oppfinnelsen. Datamaskinprogram 1210 og /eller driftsinstruksjoner kan også være behørlig
 25 virkeliggjort i lager 1206 og/eller data-kommunikasjonsanordninger 1230, og derved utgjøre et datamaskinprogramprodukt eller produksjonsartikkel i samsvar med oppfinnelsen. Som sådan er uttrykk som "produksjonsartikkel", "programlageranordning" og "datamaskinprogramprodukt" slik det benyttes her, ment å omfatte et datamaskinprogram som kan aksesserer fra en hvilken som helst datalesbar anordning eller medium.

30

Fagkyndige på området vil forstå at mange modifikasjoner kan utføres med denne konfigurasjonen uten å forlate rammen for den foreliggende oppfinnelsen. For eksempel vil fagkyndige på området erkjenne at en hvilken som helst kombinasjon av komponentene ovenfor, eller et hvilket som helst antall forskjellige komponenter, periferienheter og andre anordninger, kan bli brukt med den foreliggende oppfinnelsen.

35

Ved bruk av teknikkene som er beskrevet her, er slik det er vist senere, klar himmel-marginen som er nødvendig for det øvre signallaget 402 vesentlig mindre enn klar himmelmarginen som ville vært nødvendig dersom signalet ble sendt for seg selv. Det er også betydelig mindre enn det som er nødvendig for det nedre signallaget 420. I en regnfadetilstand fader de øvre og nedre lagene sammen. Primærkilden for støy for det

- øvre signallaget 402 fader således så hurtig som selve det øvre lagsignalet, hvilket tillater en betydelig redusert øvre lag klar himmelmargen. Den foreliggende oppfinnelsen tar fullt fordel av denne effekten. I motsetning til dette må klar himmel-marginen som er nødvendig for det lavere laget være innstilt høyt nok til å ta hensyn til fadingen eller svinningen av den lavere lagbæreren i forhold til primærkilden for støy, termisk støy, som øker i regn. Den påkrevde klar himmelmarginen for det øvre signal-laget 402 kan således bli redusert sammenlignet med det som er nødvendig for det lavere signallaget 420. Alternativt eller i kombinasjon kan teknikken beskrevet nedenfor bli brukt til å designe et lagdelt modulasjonssystem som tilveiebringer høyere tilgjenge-lighetsnivåer for det øvre laget enn for det lavere laget.
- 10 Fordelingen av effekt til de øvre og lavere lagbærerne beskrevet tidligere (fig. 11A og 11B) tok ikke hensyn til virkningene av regndempning på de øvre og lavere lagsignalene. Disse virkninger kan være store og virke til både å minske det ønskede signalnivået og øke støynivået. I tilfellet med lagdelt modulasjon må disse virkningene bli omhyggelig tatt hensyn til for hvert lag. Ytterligere effekt blir tilføyd til hvert lag for å oppta disse regneffekter, og denne tilføyde effekten blir kalt klar himmelmargen (CSM). I teknikkene beskrevet
- 15 nedenfor tar designen av det øvre signallaget 410 fordel av det faktum at både det nedre signallaget 418 og det øvre signallaget 410 blir dempet en lik mengde i en regnfadetilstand. Siden det øvre signallaget 410 må være låst og rekonstruert før det nedre signallaget 418 kan demoduleres nøyaktig, kan også det nedre signallaget 418 ikke være mer "tilgjengelig" på en statistisk måte enn det øvre signallaget 410. I en kritisk tilstand hvor det øvre og nedre signalnivået har nøyaktig den samme tilgjengeligheten, vil begge signaler
- 20 falle til deres respektive driftsterskler samtidig når regndempningen når en tilstrekkelig verdi.

Anta at klar himmel termisk støynivået er representert med N , og at bærer-til-støy-terskelnivået er gitt ved T_L og T_U , for henholdsvis det nedre og øvre signallaget 418, 410, terskelnivåene T_L og T_U , kan bli definert på et antall måter. For illustrasjonsformål antar analysen som følger at terskelnivåene T_L og T_U er kvasi-feilfrie

25 terskler. Dette er operasjonspunktet hvor antallet bitfeil detektert på utgangen av fremoverfeilkorrek-sjonsdekoderen 506 har falt til omtrent en feil pr. time eller en feil pr. dag.

Anta for øyeblikket at det er et gitt linktilgjengelighetskrav, fra denne verdi, og egnede verdier for regndemping og regnstøy kan bli bestemt. Ved å definere en parameter α for å representere mengden regndemping som er tilsted ($\alpha < 1$), og β å representere økningen i støy på grunn av atmosfærisk regn ($\beta > 1$), som begge er en funksjon av den ønskede signaltilgjengeligheten, kan den nedre signallag 418 bærer-effekten C_L som er nødvendig for å tilveiebringe den nødvendige linktilgjengeligheten bli bestemt av uttrykket:

30

$$T_L = \frac{\alpha C_L}{\beta N} \quad (\text{likning 1})$$

35

ved å løse med hensyn på C_L :

18

$$C_L = \frac{\beta N T_L}{\alpha} \quad (\text{likning 2})$$

Verdien α og β er begge en funksjon av den ønskede tilgjengeligheten, og er typisk definert ved bruken av regndempningsmodeller som lett vil være kjent for fagkyndige på området.

5

En klar himmelmargen (definert som et forhold mellom klar himmelbærer til støy-pluss-interferensforhold og terskelbæreren til støy-pluss-interferensforhold) kan bli beregnet for hvert lag. For det nedre signallaget 418 blir klar himmelmarginen M_L :

10

$$M_L = \frac{C_L}{N T_L} = \frac{\beta}{\alpha} \quad \text{Ligning (3)}$$

- 15 Det øvre signallag 410 bærer effekten C_L som er nødvendig for å tilveiebringe den ønskede linktilgjengeligheten blir beregnet ved å merke seg at når den øvre signallag-bæreren er ved en terskeltilstand, blir bæreren dempet med en faktor α . Støyuttrykket inneholder imidlertid både linkens termiske støyeffekt (økt av regnet) og den nedre nivåbærereffekten (dempet av regn). Følgelig er den øvre lagbærereffekten C_L som er nødvendig for å tilveiebringe den nødvendige linktilgjengeligheten definert ved
- 20 ligning (4) nedenfor:

$$T_U = \frac{\alpha C_U}{\beta N + \alpha C_L} \quad \text{Ligning (4)}$$

25

Ved bruk av dette uttrykket er den nødvendige øvre nivåbærereffekten C_L beskrevet i ligning (5) nedenfor:

$$C_U = \frac{(\beta N + \alpha C_L) T_U}{\alpha} \quad \text{Ligning (5)}$$

30

Og klar himmelmargen for det øvre signallaget 410 blir

19

$$M_U = \frac{C_U}{N+C_L} \frac{1}{T_U} = \frac{C_U}{N+C_L} \frac{\beta N + \alpha C_L}{\alpha C_U} = \frac{\left(\frac{C_L}{N} + \frac{\beta}{\alpha}\right)}{\frac{C_L}{N} + 1} \quad \text{Ligning (6)}$$

Merk at

5

$$\frac{C_L}{N} = \frac{\beta T_L}{\alpha} \quad \text{Ligning (7)}$$

Den øvre signallag klar himmelmargin kan bli skrevet uttrykt ved den nedre signallag-terskelen som vist i ligning (8) nedenfor.

10

$$M_U = \frac{\frac{\beta}{\alpha}(T_L + 1)}{\frac{\beta}{\alpha}\left(T_L + \frac{\alpha}{\beta}\right)} = \frac{(T_L + 1)}{\left(T_L + \frac{\alpha}{\beta}\right)} \quad \text{Ligning (8)}$$

I en typisk applikasjon kan verdiene til α endre seg fra -1 til -5 dB og verdiene til β kan være fra 2 til 4 dB, i avhengighet av den ønskede tilgjengeligheten. Siden den nedre klar himmelmarginen er $(\beta - \alpha)$, uttrykt i dB, kan det ses at typiske nedre signallag klar himmelmarginer vil være fra 3 til 9 dB i avhengighet av den ønskede tilgjengeligheten.

Det vil vanligvis bli forventet at den nedre signallag klar himmelmarginen også vil være nødvendig for det øvre signallaget, hvilket ville kreve svært høye sendereffekter. Dette er imidlertid ikke nødvendig siden øvre og nedre signallag fader eller svinner hen sammen i regn, som vist i utledningen for den øvre lag klar himmelmarginen i ligning (4) ovenfor. Den øvre lag klar himmelmarginen avhenger således at bærer til støy-terskelen og i en mindre grad av forholdet mellom α til β . Den nødvendige øvre klar himmelmarginen er typisk 1 dB eller mindre og nærmere seg 0 dB med økende nedre signallag 420 bærer-til-støyterskel.

25

Fig. 13 er et diagram som viser både øvre og nedre signallag klar himmelmarginer som en funksjon av nedre terskel og ønsket tilgjengelighet. Opptegning 1302 viser nedre lag klar himmelmargin som en funksjon av nedre signallag bærer-til-støyforholdterskel for en nedre signallagtilgjengelighet på 99,95%. Opptegninger 1304-1308 viser det samme for nedre signallagtilgjengeligheter på henholdsvis 99,90%, 99,85% og 99,80%. Opptegninger 1310-1316 viser øvre lag klar himmelmargin for øvre signallagtilgjengeligheter på henholdsvis 99,95%, 99,90%, 99,85% og 99,80%. Det er å merke seg på denne figuren at øvre lag klar himmelmarginene er mye mindre enn nedre lag klar himmelmarginer. De mindre klar himmelmarginene for

30

det øvre laget er kritiske for ytelsen til lagdelt modulasjon siden den senker den nødvendige satellittsendereffekten til øvre lagbæreren.

Forholdet mellom øvre signallagbæreren og termisk støy i klar himmel kan bli beregnet som en funksjon av α , β og øvre og nedre bærer-til-støyforholdene.

Ved å begynne med forholdet

$$C_U = \frac{(\beta N + \alpha C_L) T_U}{\alpha} \quad \text{Ligning (9)}$$

kan vi få

$$\frac{C_U}{N} = \frac{\left(\beta + \alpha \frac{C_L}{N} \right) T_U}{\alpha}$$

$$\frac{C_U}{N} = \frac{\left(\beta + \alpha \frac{\beta_L}{\alpha} T_L \right) T_U}{\alpha} \quad \text{Ligning (10)}$$

$$\frac{C_U}{N} = \frac{\beta}{\alpha} (1 + T_L) T_U$$

Dersom det nedre signallaget 418 ikke var tilstede (for eksempel et nedarvet signal), ville den nødvendige klar himmelbærer til støyforholdet ikke innbefatte uttrykket

$(1 + T_L)$. Dette tilføyde uttrykket tar hensyn til tilstedeværelsen av det lavere signallaget 418 som

interfererende støy for det øvre signallaget 410. Det er å merke seg at N refererer seg kun til termisk støy, og den totale støyen pluss nedre laginterferenseffekt som ses av den øvre signallagdemodulatoren er dominert av den nedre lagsignallag-bærereffekten.

Ligning (10) tilveiebringer en minimumsverdi for C_U i forhold til den termiske støyen for både det øvre og nedre signallaget for å inneha den samme tilgjengeligheten. Ved å øke C_U over dette nivået, kan tilgjengeligheten til det øvre signallaget 410 bli økt over den til det nedre signallaget 418.

Fig. 14 er en illustrasjon som viser eksempel på nedre og øvre signallag klar himmel-marginer som effektnivåer (dB) i forhold til termisk støy under klar himmelforhold. I dette eksempelet ble nedre signallag

bærer-til-støy-pluss-interferensterskelen innstilt ved 6,0 dB, og den øvre signallag bærer-til-støy-pluss-interferensterskelen ble innstilt til 5,0 dB. Verdiene til α og β er omtrent henholdsvis -2,0 og +3,0 dB. Det er å merke seg at nedre lag terskelpunktet pluss klar himmelmarginen gir en klar himmel nedre lag bærer-effekt på 11,0 dB i forhold til termisk støy N . Kombinasjonen av termisk støy og nedre signallagbærer-effekt er

5 11,4 dB, som er støy pluss interferensnivået som ses av den øvre signallagbæreren.

Ved å summere (i dB) den øvre lag nødvendige terskelen med støy-pluss-interferens-verdien på 5 dB til 11,4 dB fås det øvre lag terskelpunktet på 16,4 dB i forhold til termisk støy N . Den påkrevde klar himmelmarginen over dette punktet er bare 0,6 dB, dog i en regnfadetilstand, vil både det øvre og nedre

10 signallaget inneha den samme tilgjengeligheten.

Det øvre og nedre signallaget 410, 418 kan like gjerne være designet med forskjellige tilgjengelighetsformål. Som tidligere bemerket, kan den nedre signallag 418 til-gjengeligheten ikke være bedre enn den øvre signallag 410 tilgjengeligheten siden vellykket demodulasjon av det nedre signallaget 418 avhenger av

15 vellykket demodulasjon av det øvre signallaget 410. Det øvre signallaget 410 kan imidlertid være designet med bedre tilgjengelighet enn det nedre signallaget 418 ved å øke den øvre signallagmarginen. Som demonstrert nedenfor, kan betydelige forbedringer bli utført i den øvre signallag 410 tilgjengeligheten ved bare liten økning av den øvre signallag 410 tilgjengeligheten. Det er en betydelig fordel ved den ikke-

20 koherente lagdelte modulasjonsteknikken som er beskrevet her.

Ved å modifisere ligning (1) til å differensiere mellom parametrene α og β for det øvre og nedre signalnivået gir ligning (11) nedenfor.

25
$$T_L = \frac{\alpha_L C_L}{\beta_L N}$$
 Ligning (11)

Dette gir ligninger (12) og (13)

30
$$C_L = \frac{\beta_L N T_L}{\alpha_L}$$
 Ligning (12)

$$M_L = \frac{\beta_L}{\alpha_L}$$
 Ligning (13)

22

For forbedret tilgjengelighet i det øvre laget,

$$\alpha_U < \alpha_L \quad \text{Ligning (14)}$$

5 og

$$\beta_U > \beta_L \quad \text{Ligning (15)}$$

10 Merk at når øvre signallag 410 er ved terskel, vil mye øvre signallagverdier for α og β passe,

$$T_U = \frac{\alpha_U C_U}{\beta_U N + \alpha_U C_L} \quad \text{Ligning (16)}$$

15

Med henvisning til ligning (5), blir den nye øvre signalbærereffekten

20

$$C_U = \frac{(\beta_U N + \alpha_U C_L) T_U}{\alpha_U} \quad \text{Ligning (17)}$$

Ved bruk av ligning (6), avledes det følgende forholdet:

25

$$M_U = \frac{C_U}{N + C_L} \frac{1}{T_U} = \frac{C_U}{N + C_L} \frac{\beta_U N + \alpha_U C_L}{\alpha_U C_U} = \frac{\left(\frac{C_L}{N} + \frac{\beta_U}{\alpha_U} \right)}{\frac{C_L}{N} + 1} \quad \text{Ligning (18)}$$

30

Ved å bruke fra ligning (12),

$$\frac{C_L}{N} = \frac{\beta_L T_L}{\alpha_L}$$

Ligning (19)

får vi

5

$$M_U = \frac{\frac{\beta_U}{\alpha_U} + \frac{\beta_L T_L}{\alpha_L}}{1 + \frac{\beta_L T_L}{\alpha_L}} = \frac{\frac{\alpha_L}{\alpha_U} \beta_U + \beta_L T_L}{\alpha_L + \beta_L T_L}$$

Ligning (20)

- 10 Merk at ligning (20) reduseres til ligning (8) dersom tilgjengelighetene til det øvre og nedre signallaget er like (for eksempel $\alpha_L = \alpha_U$ og $\beta_L = \beta_U$).

Fig. 15 er en opptegning av ligning (20) som en funksjon av utilgjengeligheten til det øvre signallaget 410. I dette eksempel er nedre nivåutilgjengeligheten 0,02% (siden utilgjengelighet er (1-tilgjengelighet), fører dette til en tilgjengelighet på 99,8%) og nedre signallagterskelen er 6 dB.

15

Slik det kan ses i den nedre kurven på fig. 15, som opptegner M_U , det øvre lag klar himmelmargin definert av (18) eller (20), den øvre signallagytelsen blir forbedret (for eksempel lavere utilgjengelighet) ved å øke den øvre signallag klar himmelmarginen med bare tiendedeler av en dB, som vist på kurve 1504. Som øvre kurve 1502 viser, i en konvensjonell modulert, enkeltlag satellittlink, ville klar himmelmarginen måtte ha blitt forbedret med 3 dB for å oppnå den samme ytelsesforbedringen.

20

Dersom et av signallagene krever høyere tilgjengelighet enn det andre, så må således dette laget være designet som øvre signallag. Tilsvarende, dersom bakoverkompatibilitet er påkrevd, må signallaget som tilveiebringer slik bakoverkompatibilitet være designet som det øvre signallaget. Normalt er det ingen konflikt mellom disse kravene siden det bakoverkompatible laget normalt også er ønsket å være laget med høyest tilgjengelighet. Dersom imidlertid det ikke-bakoverkompatible laget krever høyere tilgjengelighet enn det bakoverkompatible laget, er det en konflikt mellom kravene. Denne kan løses ved å designe systemet slik at tilgjengeligheten til signallagene er lik og ved den høyeste tilgjengelighetsverdien.

25

30

Fig. 16 er et diagram som illustrerer eksempelfremgangsmåtettrinn som kan bli brukt for å utføre en utførelse av oppfinnelsen. En første signallagmodulasjonsbærer-effekt C_L blir bestemt i det minste delvis i samsvar med en første signallag klar himmelmargin M_L og en første signallagtilgjengelighet, som vist i blokk 1602. I en utførelse blir dette besørget ved å bestemme første nivåbærer-effekten C_L i samsvar med $C_L = \frac{\beta N T_L}{\alpha}$

- hvor $\frac{\beta}{\alpha}$ er første lag klar himmelmarginen M_L , β omfatter en verdi som representerer en økning av støy til det lagdelte modulasjonssignalet på grunn av atmosfærisk regn, α omfatter en verdi som representerer regndempning til det lagdelte modulasjonssignalet, N omfatter en verdi som representerer klar-himmel termisk støy, og T_L omfatter en første signallagbærer-til-støy terskelverdi. I blokk 1604 blir en andre signallagmodulasjonsbærereffekt C_U bestemt i det minste delvis i samsvar med en andre signallag klar himmelmargen M_U og den andre signallagtilgjengelighet. I en utførelse blir dette besørget ved å bestemme en andre nivå bærereffekt C_U i samsvar med

$$C_U = \frac{(\beta N + \alpha C_L) T_U}{\alpha} \text{ og hvori den andre lag klar himmelmarginen } M_U = \frac{(T_L + 1)}{\left(T_L + \frac{\alpha}{\beta}\right)}$$

10

- og T_U omfatter et andre signallag bærer-til-støy terskelnivå. Så blir de første signalsymbolene modulert i samsvar med en første bærer ved den forutbestemte første signallagmodulasjonsbærer-effekten, som vist i blokk 1606. Så blir de andre signalsymbolene modulert i samsvar med en andre bærer ved den forutbestemte andre signallagmodulasjonsbærereffekten, som vist i blokk 1608. De modulerte første og andre signalene blir så sendt uavhengig til satellitten, som vist i blokk 1610.

15

- I en utførelse hvori den første signallagtilgjengeligheten og den andre signallagtilgjengeligheten er hovedsakelig lik (for eksempel $\alpha_L \approx \alpha_U$ og $\beta_L \approx \beta_U$), er den andre signallag klar himmelmarginen M_U mindre enn den første signallag klar himmelmarginen M_L .
- 20 I en annen utførelse er den andre signallagtilgjengeligheten større enn den første signallagtilgjengeligheten ($\alpha_U < \alpha_L$ og $\beta_U > \beta_L$, for eksempel), og den andre signallag

klar himmelmarginen M_U er lik $\frac{\frac{\beta_U}{\alpha_U} \beta_U + \beta_L T_L}{\alpha_L + \beta_L T_L}$ hvori α_U i det minste representerer regn-dempningen til

25

- den andre modulasjonsbæreren, α_L minst delvis representerer regndempningen til den første lagmodulasjonsbæreren, β_U i det minste delvis representerer tilleggsstøyen i den andre modulasjonsbæreren på grunn av regn, og β_L i det minste delvis representerer tilleggsstøyen i den første modulasjonsbæreren på grunn av regn.

30

- Dette konkluderer beskrivelsen av de foretrukne utførelsene av den foreliggende oppfinnelsen. Den forutgående beskrivelsen av den foretrukne utførelsen av oppfinnelsen er presentert for illustrasjonsformål og beskrivelse. Den er ikke ment å være uttømmende eller begrense oppfinnelsen til den nøyaktig beskrevne formen. Mange modifikasjoner og variasjoner er mulige i lys av læren ovenfor. For eksempel er det å merke seg at opplinkkonfigurasjonene som er vist og beskrevet i den forutgående beskrivelsen kan være

implementert av en eller flere maskinvaremoduler, en eller flere programvaremoduler som definerer instruksjoner utført av en prosessor, eller en kombinasjon av begge deler.

5 Det er ment at rammen for oppfinnelsen er begrenset ikke av denne detaljerte beskrivelsen, men snarere av de medfølgende patentkravene. Beskrivelsen ovenfor, eksempler og data tilveiebringer en fullstendig beskrivelse av produksjonen og bruk av sammensetningen til oppfinnelsen. Siden mange utførelser av oppfinnelsen kan utføres uten å forlate rammen for oppfinnelsen, beror oppfinnelsen på kravene som følger.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for å sende et lagdelt modulasjonssignal som har et første signallag (410) som har første
 5 signalsymboler og et andre signallag (418) som har andre signalsymboler, og som omfatter de følgende trinnene:

å bestemme den første signallagmodulasjonsbærereffekt C_L i det minste delvis i samsvar med et første
 signallags klar-himmel margin M_L og en første signallagtilgjengelighet;

10 å bestemme en andre signallagmodulasjonsbærereffekt C_U i det minste delvis i samsvar med en andre
 signallags klar-himmel margin M_U og en andre signallagtilgjengelighet;

å modulere de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer ved den forutbestemte første
 signallagmodulasjonsbærereffekten;

15 å modulere de andre signalsymbolene i samsvar med en andre bærer ved den forutbestemte andre
 signallagmodulasjonsbærereffekten for å generere det lagdelte modulasjonssignalet, hvori den første
 bæreren er tilfeldig faset i forhold til den andre bæreren;

å sende de modulerte første signalsymbolene og de andre signalsymbolene;

å demodulere og dekode det andre signallaget for å produsere de andre signalsymbolene;

k a r a k t e r i s e r t v e d å:

20 rekoding og remodulering av de andre signalsymbolene og subtrahere de rekodede og remodulerte andre
 signalsymbolene fra det lagdelte modulasjonssignalet for å produsere det første signallaget; og
 demodulere det første signallaget for å produsere de første signalsymbolene;

hvori det andre signallags klar-himmel margin er mindre enn det første signallags klar- himmel margin når
 den første signallagtilgjengeligheten og den andre signallagtil-gjengeligheten er hovedsakelig lik.

25 2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de modulerte første
 signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene blir sendt uavhengig.

3.

30 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det første signallaget
 blir sendt på et forskjellig frekvensområde enn det andre signallaget.

4.

35 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at: trinnet med å
 bestemme første signallagmodulasjonsbærereffekten C_L i det minste delvis i samsvar med den første lag klar
 himmelmarginen M_L og den første lag tilgjengelighet omfatter trinnet å bestemme et første nivå bærereffekt
 C_L i samsvar med

$C_L = \frac{\beta N T_L}{\alpha}$ hvori $\frac{\beta}{\alpha}$ er den første lag klar himmelmarginen M_L , β omfatter en verdi som representerer

en økning av støy i det lagdelte modulasjonssignalet på grunn av atmosfærisk regn, α omfatter en verdi som representerer regndempning av det lagdelte modulasjonssignalet, N omfatter en verdi som representerer klar-himmel termisk støy, og T_L omfatter et første signallagbærer-til-støy terskelnivå; og

- 5 trinnet med å bestemme den andre signallagmodulasjonsbærereffekten C_U minst delvis i samsvar med et andre lags klar-himmel margin M_U og en andre lagtilgjengelighet omfatter trinnet å bestemme en andre nivåbærereffekt C_U i samsvar med

$$C_U = \frac{(\beta N + \alpha C_L) T_U}{\alpha} \text{ og hvori det andre lags klar-himmel margin } M_U = \frac{(T_L + 1)}{\left(T_L + \frac{\alpha}{\beta}\right)}$$

10

og T_U omfatter et andre signallag bærer-til-støy terskelnivå.

5.

Fremgangsmåte for å sende et lagdelt modulasjonssignal som har et første signallag (410) som har første signalsymboler og et andre signallag (418) som har andre signalsymboler, omfattende trinnene:

- 15 å bestemme en første signallagmodulasjonsbærereffekt C_L i det minste delvis i samsvar med et første signallags klar-himmel margin M_L og en første signallagtilgjengelighet;
 å bestemme en andre signallagmodulasjonsbærereffekt C_U i det minste delvis i samsvar med et andre lags klar-himmel margin M_U og en andre signallagtilgjengelighet;
 20 å modulere de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer ved den forutbestemte første signallagmodulasjonsbærereffekten;
 å modulere de andre signalsymbolene i samsvar med en andre bærer ved den forutbestemte andre signallagmodulasjonsbærereffekten hvori den første bæreren er tilfeldig faset i forhold til den andre bæreren;
 å sende de modulerte første signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene; og
 25 å demodulere den andre bæreren og dekode det andre laget for å produsere de andre signalsymbolene;
 k a r a k t e r i s e r t v e d å:
 rekoding og remodulering av de andre signalsymbolene og subtrahere de rekodede og remodulerte andre signalsymbolene fra det lagdelte modulasjonssignalet for å produsere det første signallaget;
 demodulere den første bæreren og dekode den demodulerte første bæreren for å produsere de første
 30 signalsymbolene;
 hvori den andre signallagtilgjengeligheten er større enn den første signallagtilgjengeligheten og det andre signallags klar-himmel margin

$$M_U = \frac{\frac{\beta_U}{\alpha_U} \beta_U + \beta_L T_L}{\alpha_L + \beta_L T_L} \text{ hvori } \alpha_U \text{ minst delvis representerer regndempningen til den}$$

35

andre modulasjons-bæreren, α_L i det minste delvis representerer regndempningen til den første lagmodulasjonsbæreren, β_U i det minste delvis representerer tilleggsstøyen i den andre modulasjonsbæreren på grunn av regn, og β_L i det minste delvis representerer tilleggsstøyen i den første modulasjonsbæreren på grunn av regn.

5

6.

Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at de modulerte første signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene blir sendt uavhengig.

10

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at $\alpha_U < \alpha_L$ og $\beta_U > \beta_L$.

8.

15

Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at det andre modulasjonslaget er et øvre modulasjonslag og det første modulasjonslaget påtrykkes det øvre modulasjonslaget.

20

9.

25

Apparat for å sende et lagdelt modulasjonssignal (1016) som har et første signallag (410) som har første signalsymboler og et andre signallag (418) som har andre signalsymboler, en prosessor (1204) for å bestemme en første signallagmodulasjonsbærereffekt C_L i det minste delvis i samsvar med et første signallags klar-himmel margin M_L og en første signallag-tilgjengelighet, og for å bestemme en andre signalmodulasjonsbærereffekt C_U minst delvis i samsvar med et andre signallags klar-himmel margin M_U og en andre signallag-tilgjengelighet;

en modulator (406), som er kommuniserende koblet til prosessoren, hvilken modulator (406) modulerer de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer ved den forutbestemte første

30 signallagmodulasjonsbærereffekten;

en andre modulator (414), som er kommuniserende koblet til prosessoren, hvilken andre modulator (406) modulerer andre signalsymboler i samsvar med en andre bærer ved den forutbestemte andre signallagmodulasjonsbærereffekten for å generere det andre signallaget, hvori den første bæreren er tilfeldig faset i forhold til den andre bæreren;

35 minst en sender (420,422), som er kommuniserende koblet til modulatorene (406) og den andre modulatorene (414), hvilken minst ene sender (420,422) er for å sende de modulerte første signal-symbolene og de modulerte andre signalsymbolene; og

en demodulator (1004) for å demodulere det andre lagsignalet;

en dekode (1002) som er kommuniserbart koblet til dekode (1004); for dekode av det demodulerte andre signallaget for å produsere de andre symbolene;

en rekoder (1006), som er kommuniserbart koblet til dekode (1002), hvilken rekoder (1006) er for å dekode de andre signalsymbolene;

5 en modulator (1006) som er kommuniserbart koblet til rekoderen, hvilken modulator (1006) er for å remodulere de rekodede andre signalsymbolene;

k a r a k t e r i s e r t v e d a t:

en differensiator (1012) som er kommuniserbart koblet til modulatoren (1006), for å subtrahere de rekodede og remodulerte andre signalsymbolene fra det lagdelte modulasjonssignalet for å produsere det første

10 signallaget; og

en andre demodulator (1010) for å demodulere og dekode det første signallaget for å produsere de første signalsymbolene, og

hvor det andre signallags klar-himmel margin er mindre enn det første signallags klar- himmel margin når den første signallagtilgjengeligheten og den andre signallag-tilgjengeligheten er hovedsakelig like.

15

10.

Apparat ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t de modulerte første

20 signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene blir sendt uavhengig.

11.

Apparat ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den andre signallagmodulasjonen er et øvre modulasjonslag og det første signallagmodulasjons-laget er et nedre

25 modulasjonslag.

12.

Apparat ifølge krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d a t prosessoren (1204) omfatter: en modul for å bestemme en første bærernivåeffekt C_L i samsvar med

30

$C_L = \frac{\beta N T_L}{\alpha}$ hvori $\frac{\beta}{\alpha}$ er det første lags klar-himmel margin M_L , β omfatter en verdi som representerer en

økning av støy i det lagdelte modulasjonssignalet på grunn av atmosfærisk regn, α omfatter en verdi som representerer regndempning av det lagdelte modulasjonssignalet, N omfatter en verdi som representerer klar-himmel termisk støy, og T_L omfatter et første signallagbærer-til-støy terskelnivå; og

35 en andre modul for å bestemme en andre nivåbærereffekt C_U i samsvar med

$$C_U = \frac{(\beta N + \alpha C_L) T_U}{\alpha} \text{ og hvori det andre lags klar-himmel margin } M_U = \frac{(T_L + 1)}{\left(T_L + \frac{\alpha}{\beta}\right)}$$

og T_U omfatter et andre signallag bærer-til-støy terskelnivå.

5 13.

Apparat for å sende et lagdelt modulasjonssignal (1016) som har et første signallag (410) som har første signalsymboler og et andre signallag (418) som har andre signalsymboler, omfattende: en prosessor (1024) for å bestemme en første signallagmodulasjonsbærereffekt C_L i det minste delvis i samsvar med et første signallags klar-himmel margin M_L og en første signallag-tilgjengelighet, og for å bestemme en andre signallagmodulasjonsbærereffekt C_U i det minste delvis i samsvar med en andre lag klar himmelmargen M_U og en andre signallag-tilgjengelighet;

en modulator (406), som er kommuniserbart koblet til prosessoren, hvilken modulator er for å modulerer de første signalsymbolene i samsvar med en første bærer ved den bestemte første signallagmodulasjonsbærereffekten;

en andre modulator (414), som er kommuniserbart koblet til prosessoren (1024), hvilken andre modulator (414) er for å modulerer de andre signalsymbolene i samsvar med en andre bærer ved den forutbestemte andre signallagmodulasjonsbærereffekten for å generere det andre modulerte signalet, hvori den første bæreren er tilfeldig faset i forhold til den andre bæreren;

minst en sender (420,422), som er kommuniserbart koblet til den andre modulatoren (414), der den minst ene senderen er for sending av de modulerte første signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene;

en demodulator (1004) for å demodulere og dekode den andre bæreren og dekode det andre laget for å produsere de andre signalsymbolene;

en rekoder (1006) som er kommuniserbart koblet til demodulatoren, hvilke rekoder (1006) er for å rekode de andre signalsymbolene;

en modulator (1006) som er kommuniserbart koblet til demodulatorern, hvilken modulator (1006) er for å remodulere de andre signalsymbolene,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t:

en differentiator (1012) som er kommuniserbart koblet til modulatoren (1006), for å subtrahere de rekodede remodulerte andre signalsymbolene fra det lagdelte modulasjonssignalet for å produsere det første signallaget;

en andre demodulator (1010) som er kommuniserbart koblet til differentiatoren (1012), hvilken andre demodulator er for å demodulere den første bæreren og dekode den demodulerte første bæreren for å produsere de første signalsymbolene; og

hvor den andre signallagtilgjengeligheten er større enn den første signallagtil-gjengeligheten og den andre signallag klar himmelmarginen

$$M_U = \frac{\beta_U \beta_U + \beta_L T_L}{\alpha_U} \quad \text{hvor } \alpha_U \text{ minst delvis representerer regndempningen av den}$$

andre modulasjonsbæreren, α_L minst delvis representerer regndempningen av den første lagmodulasjonsbæreren, β_U minste delvis representerer tilleggsstøyen i den andre modulasjonsbæreren på grunn av regn, og β_L minst delvis representerer tilleggsstøyen i den første modulasjonsbæreren på grunn av regn.

14.

Apparat ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at de modulerte første signalsymbolene og de modulerte andre signalsymbolene blir sendt uavhengig.

15.

Apparat ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at $\alpha_U < \alpha_L$ og $\beta_U > \beta_L$.

16.

Apparat ifølge krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at det andre modulasjonslaget er et øvre modulasjonslag og det første modulasjonslaget er et nedre modulasjonslag som er påtrykket det øvre modulasjonslaget.

1/19

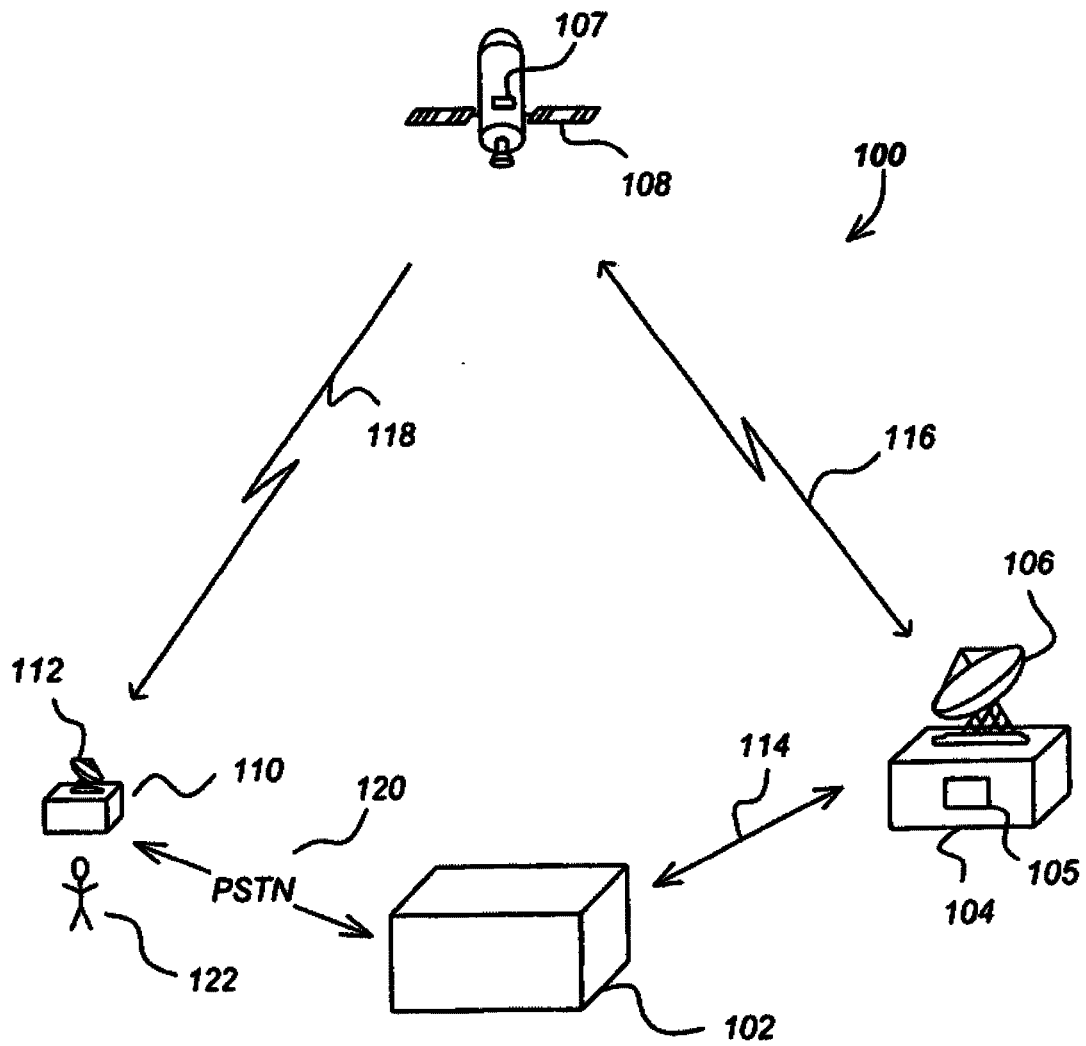
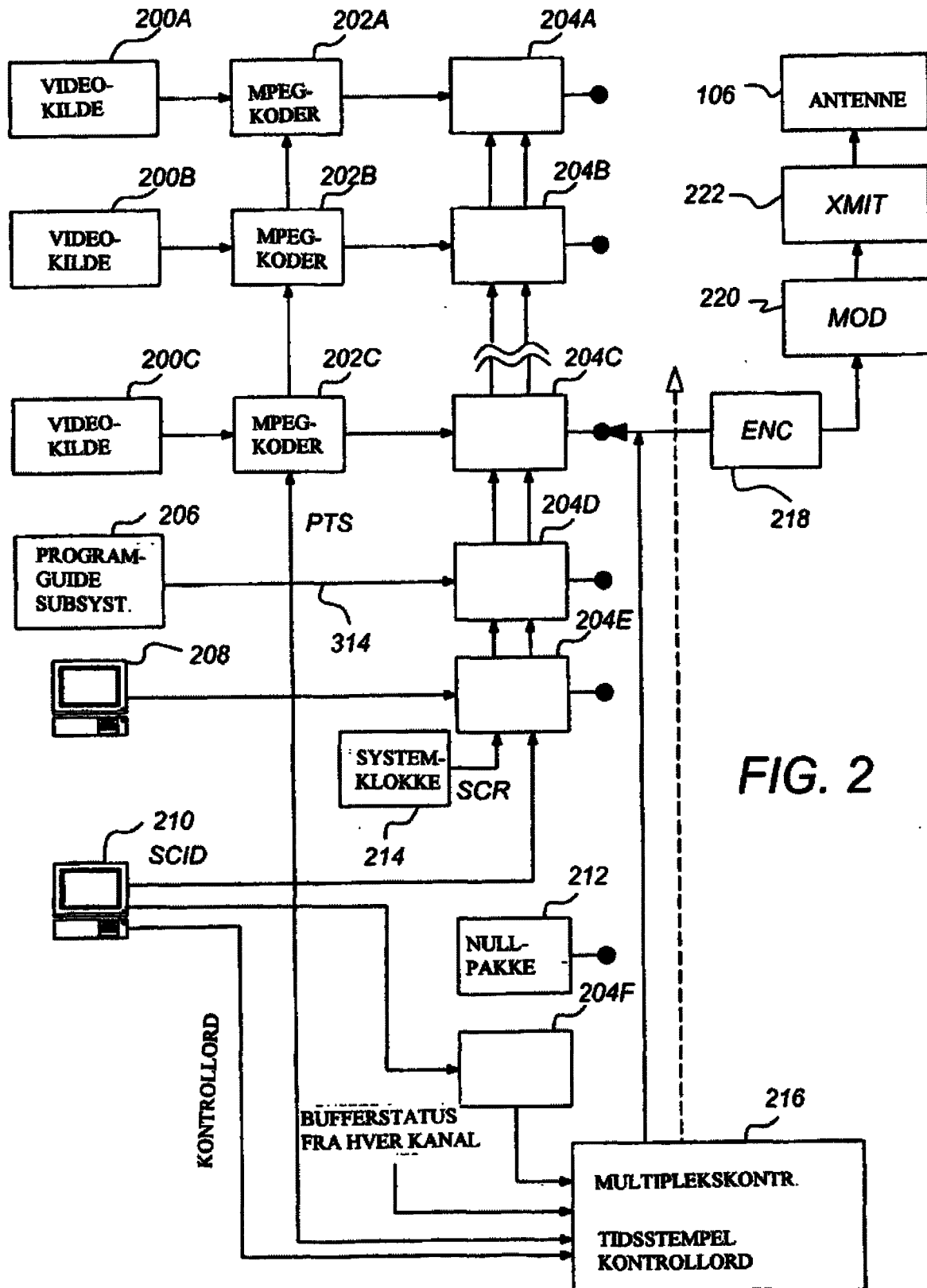


FIG. 1

2/19



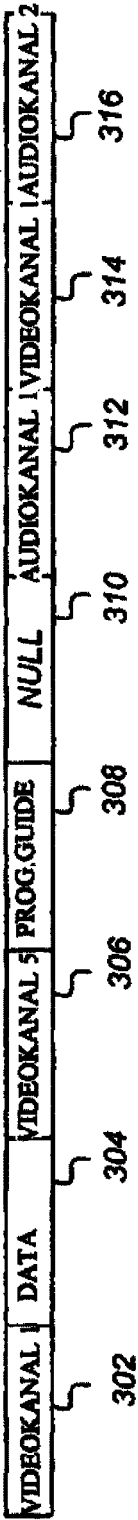


FIG. 3A

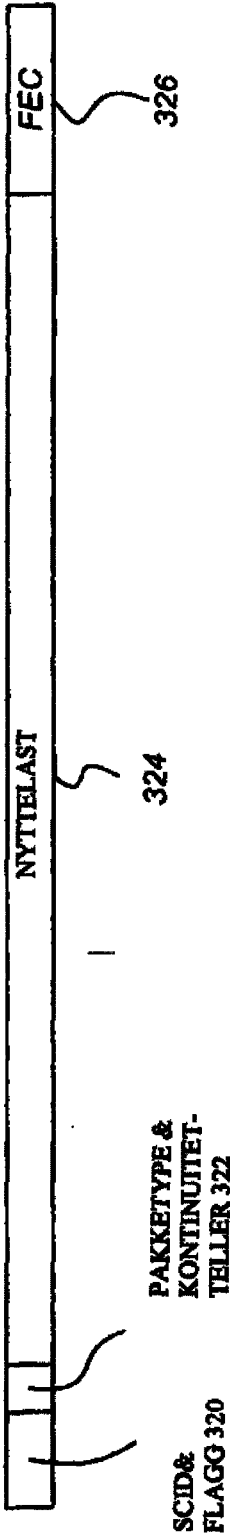


FIG. 3B

4/19

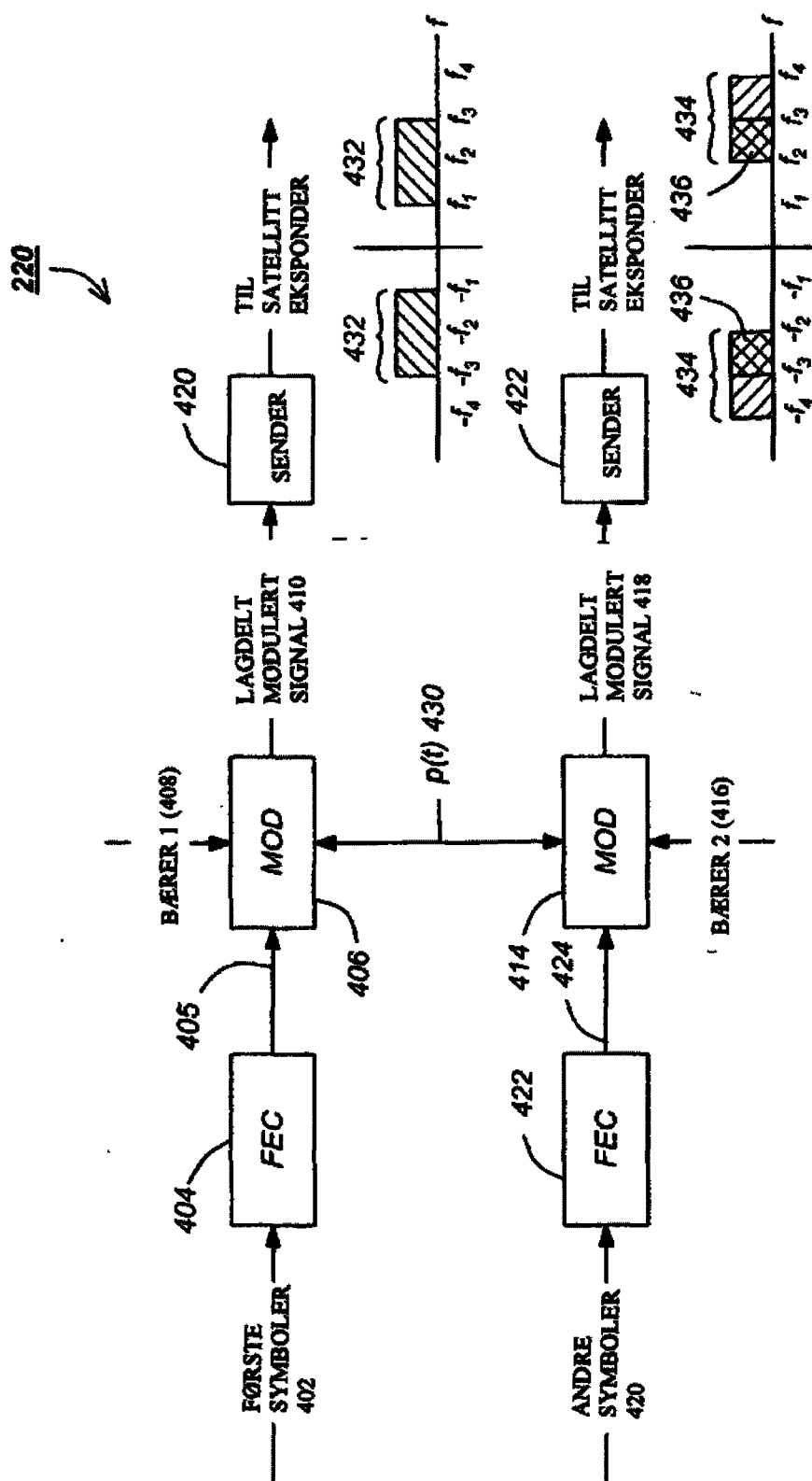


FIG. 4

5/19

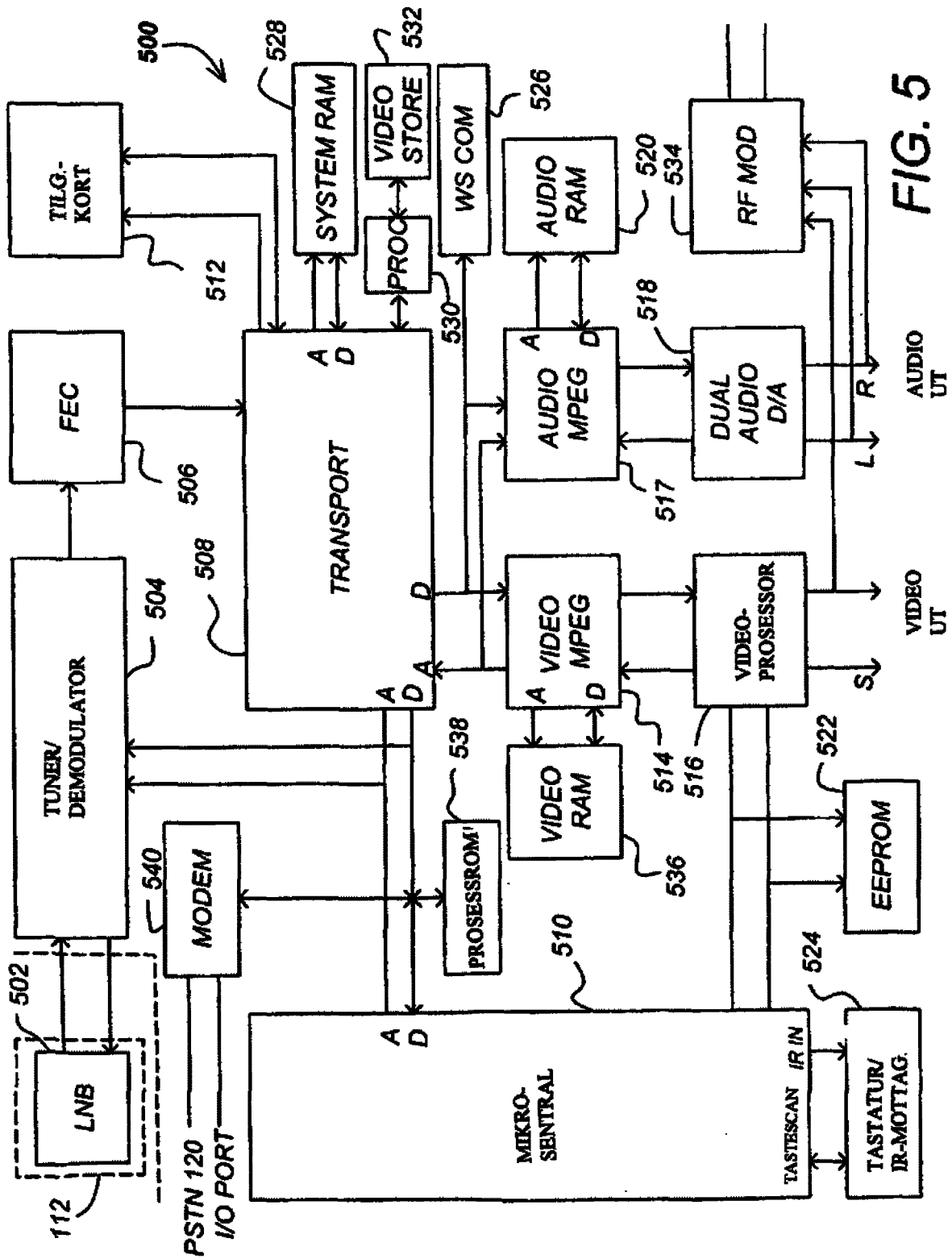


FIG. 5

6/19

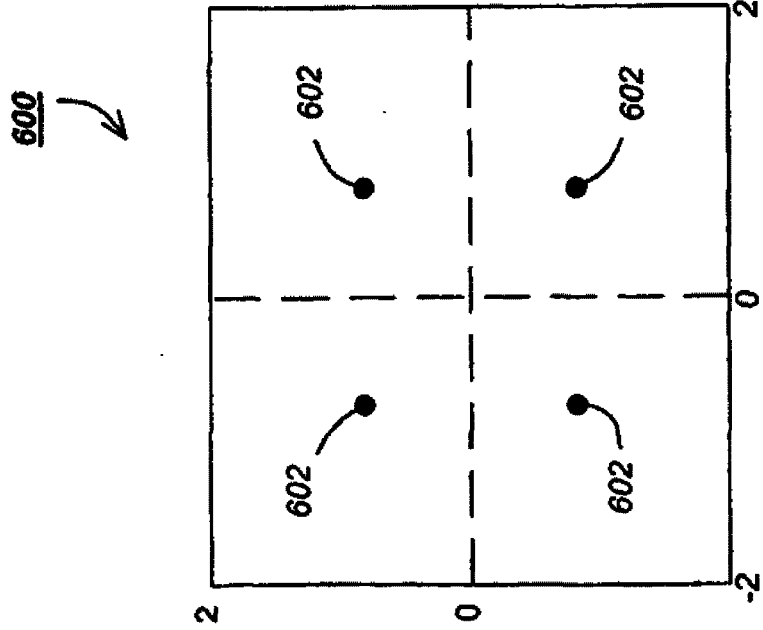


FIG. 6A

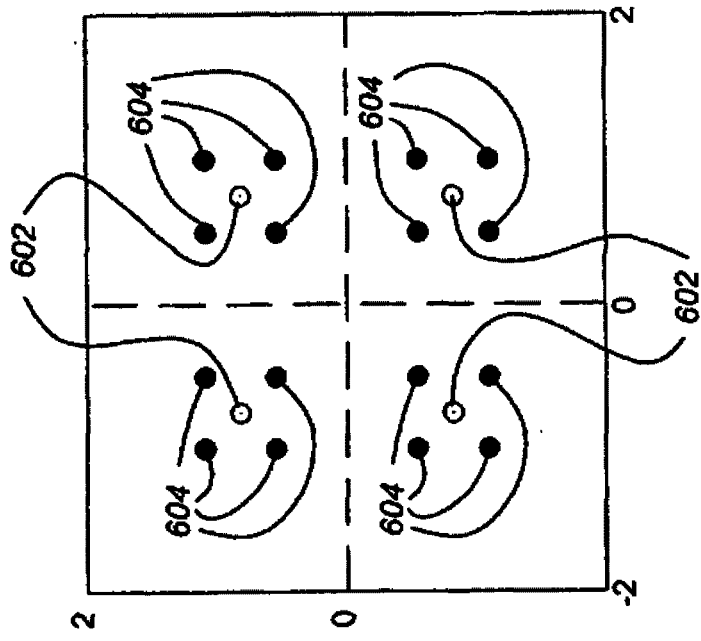


FIG. 6B

7/19

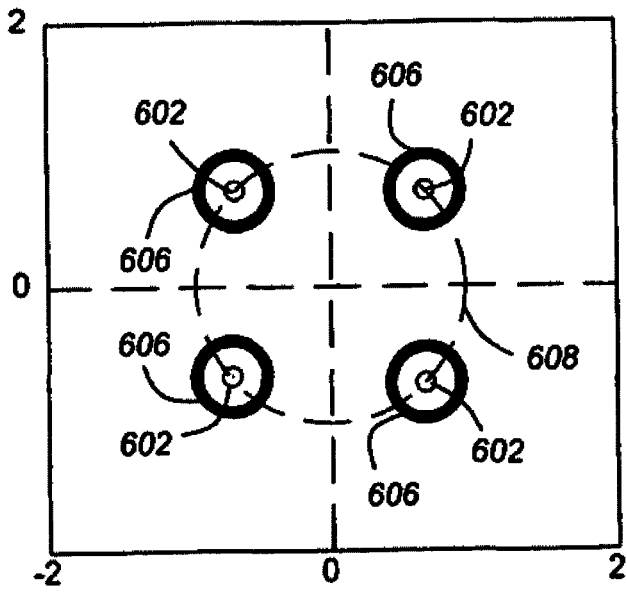


FIG. 6C

8/19

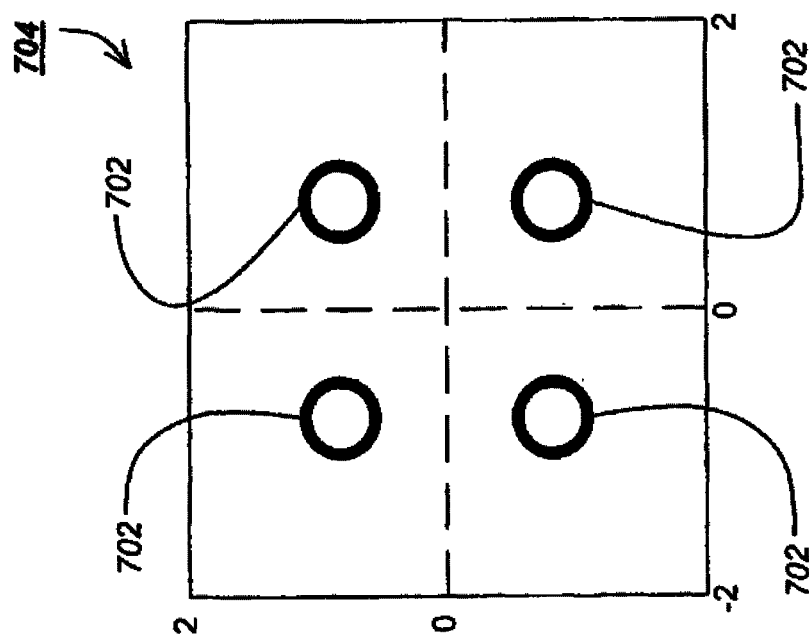


FIG. 7A

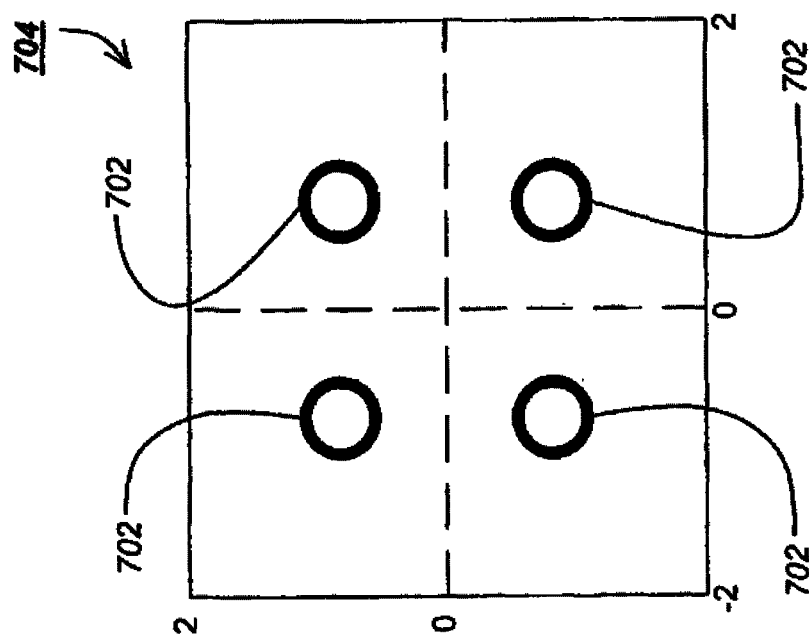


FIG. 7B

9/19

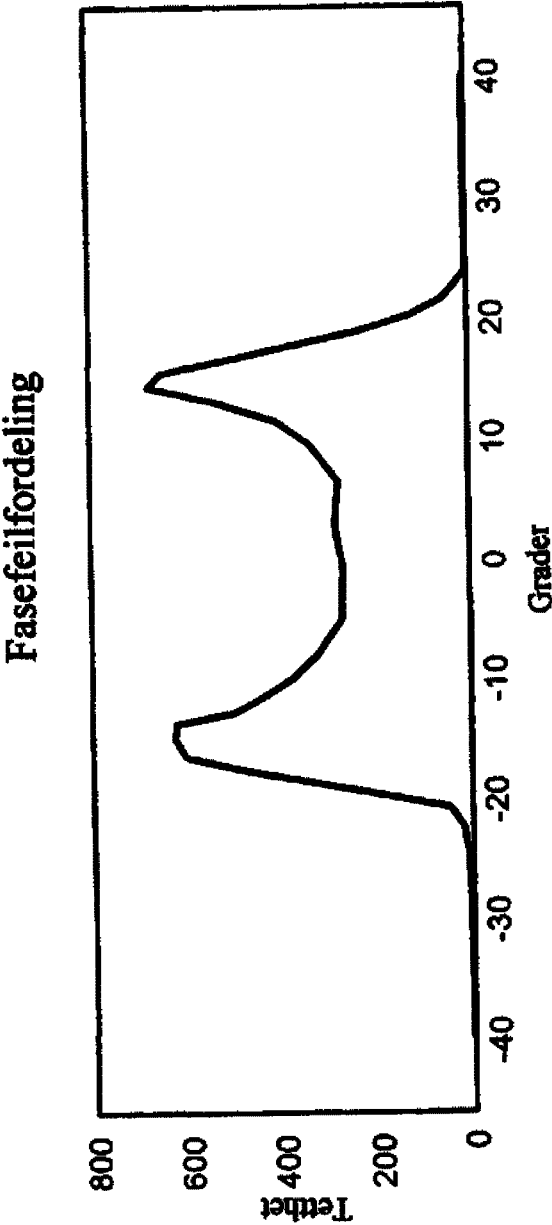


FIG. 7C

10/19

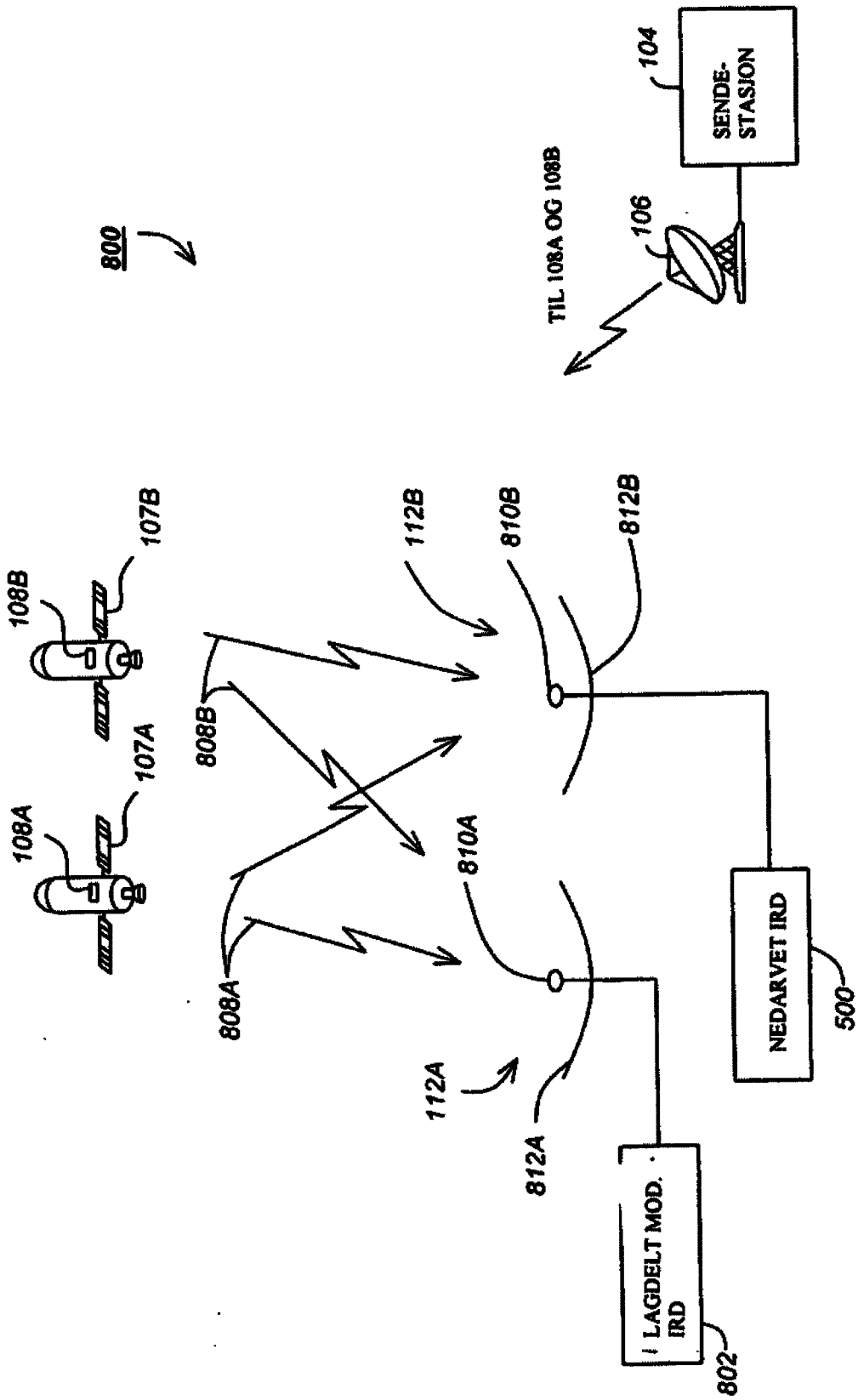


FIG. 8

11/19

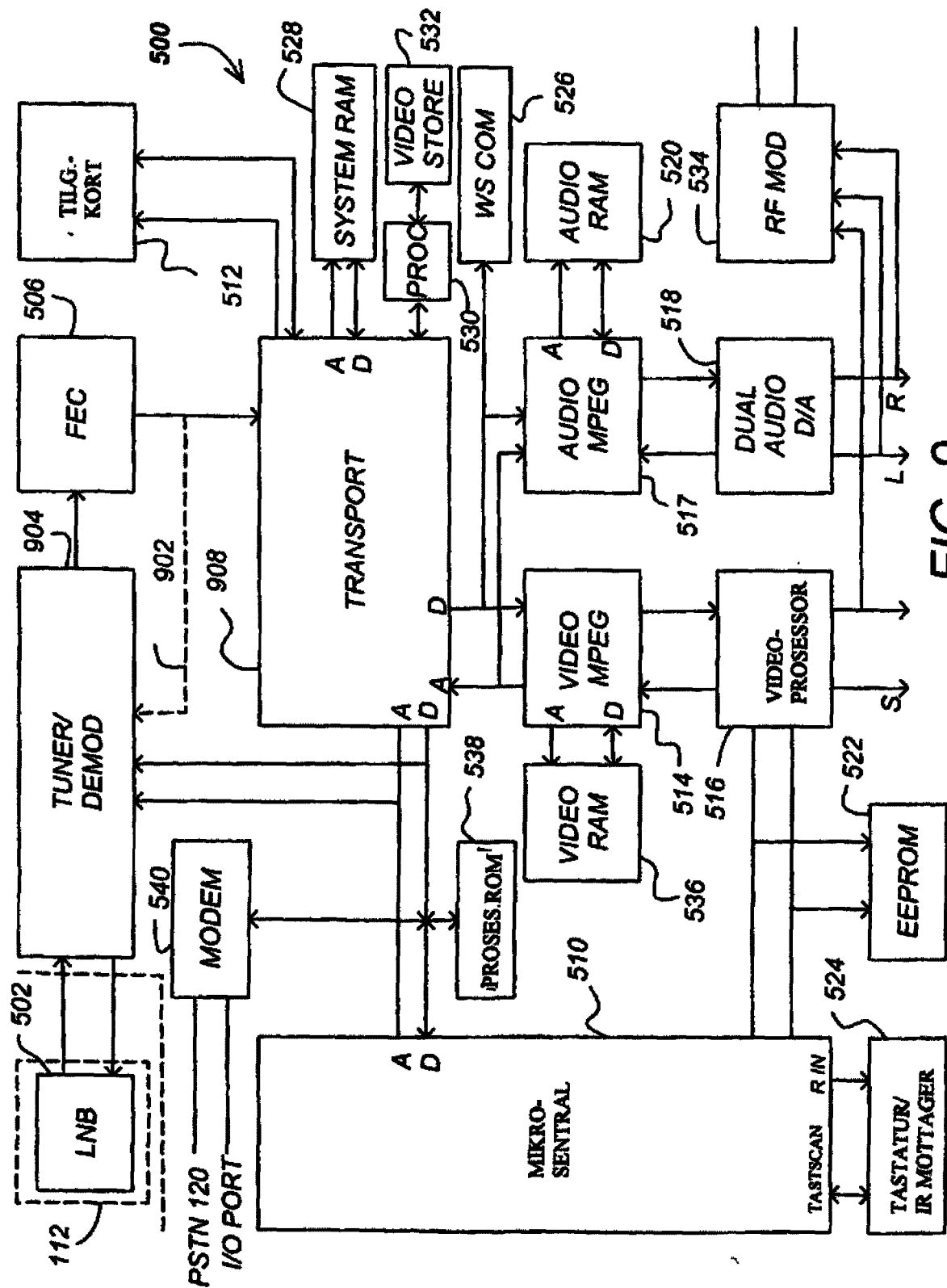


FIG. 9

12/19

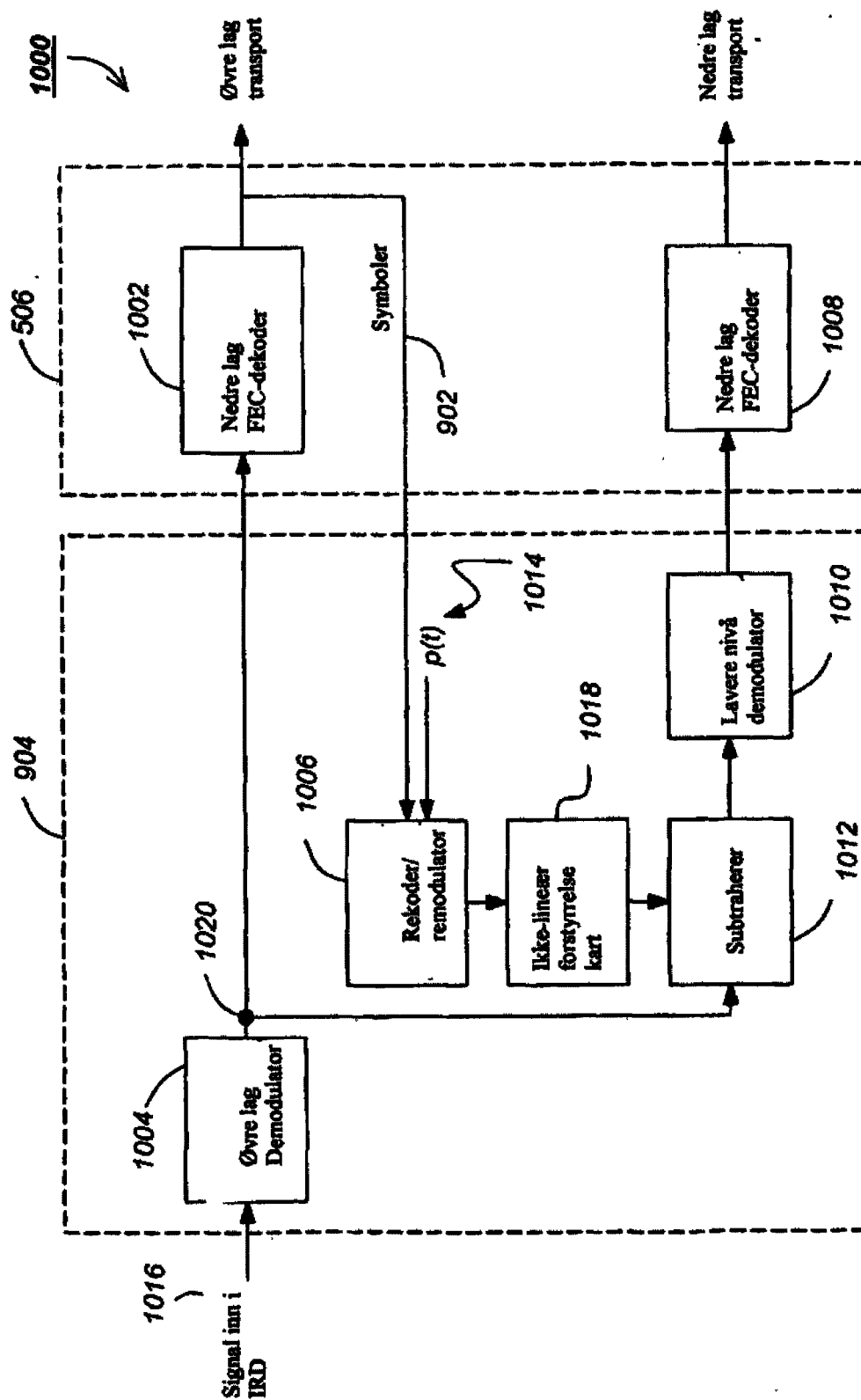


FIG. 10A

13/19

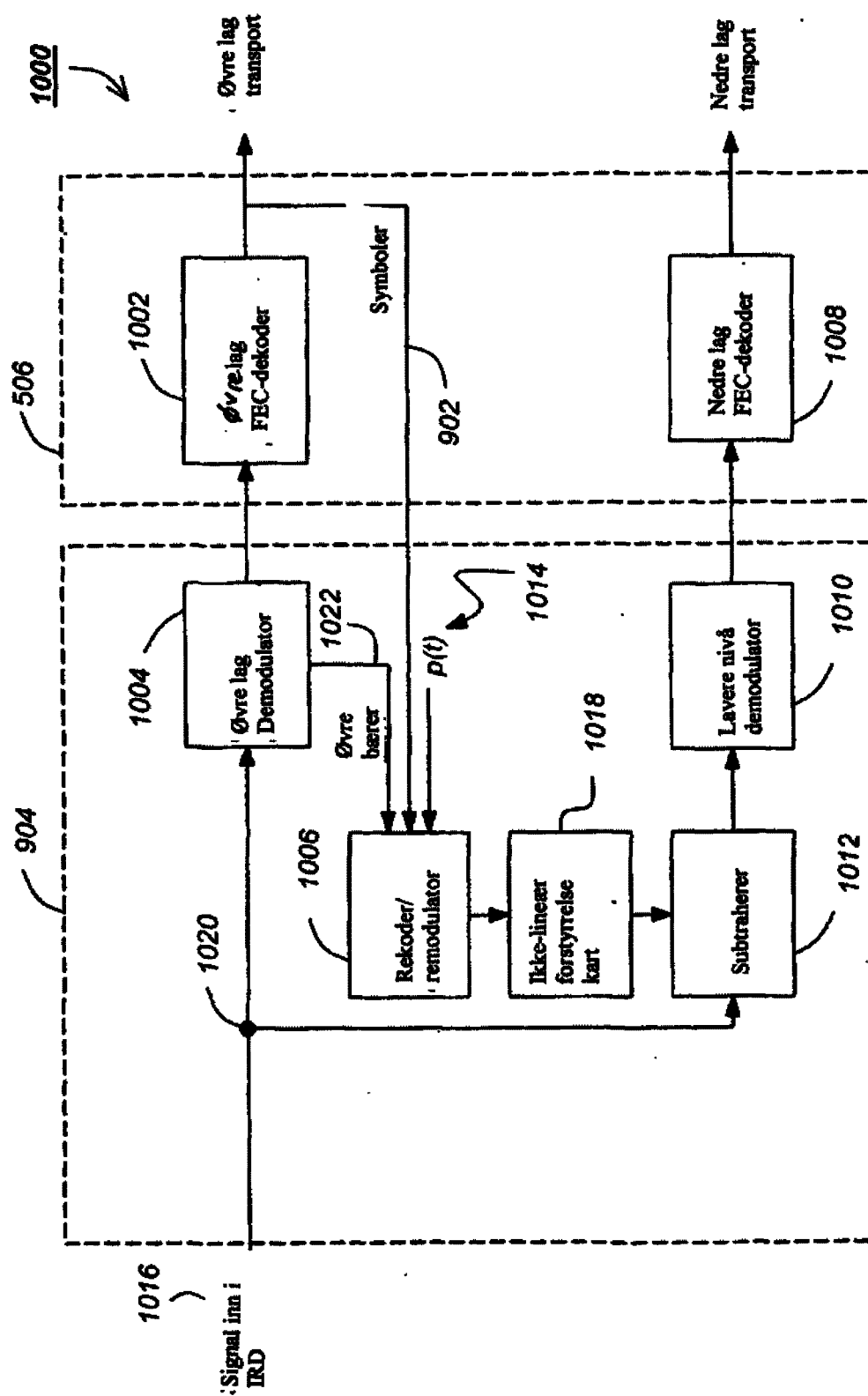


FIG. 10B

14/19

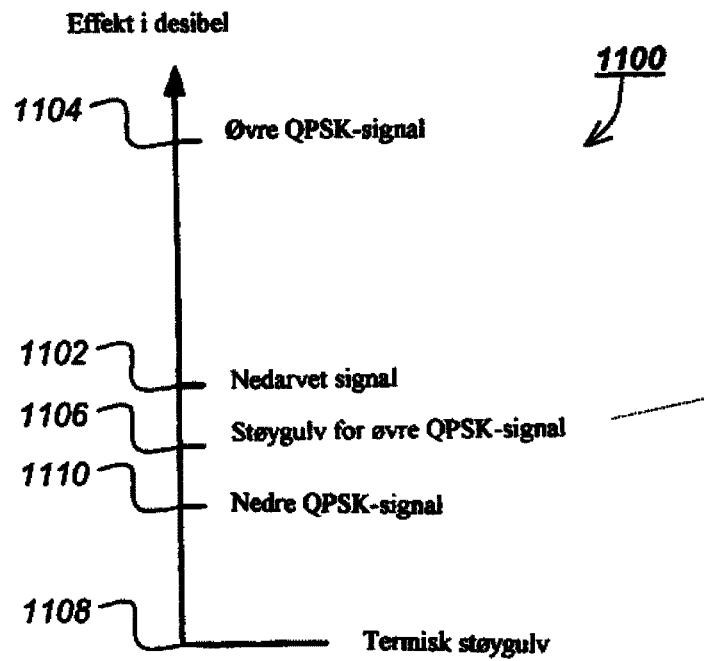


FIG. 11A

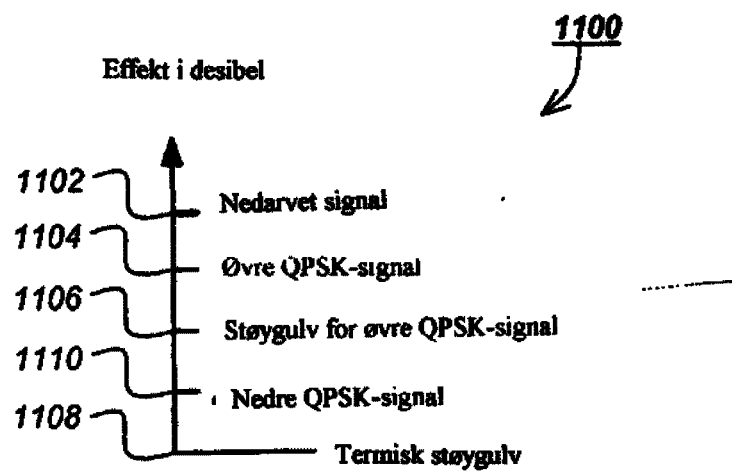


FIG. 11B

15/19

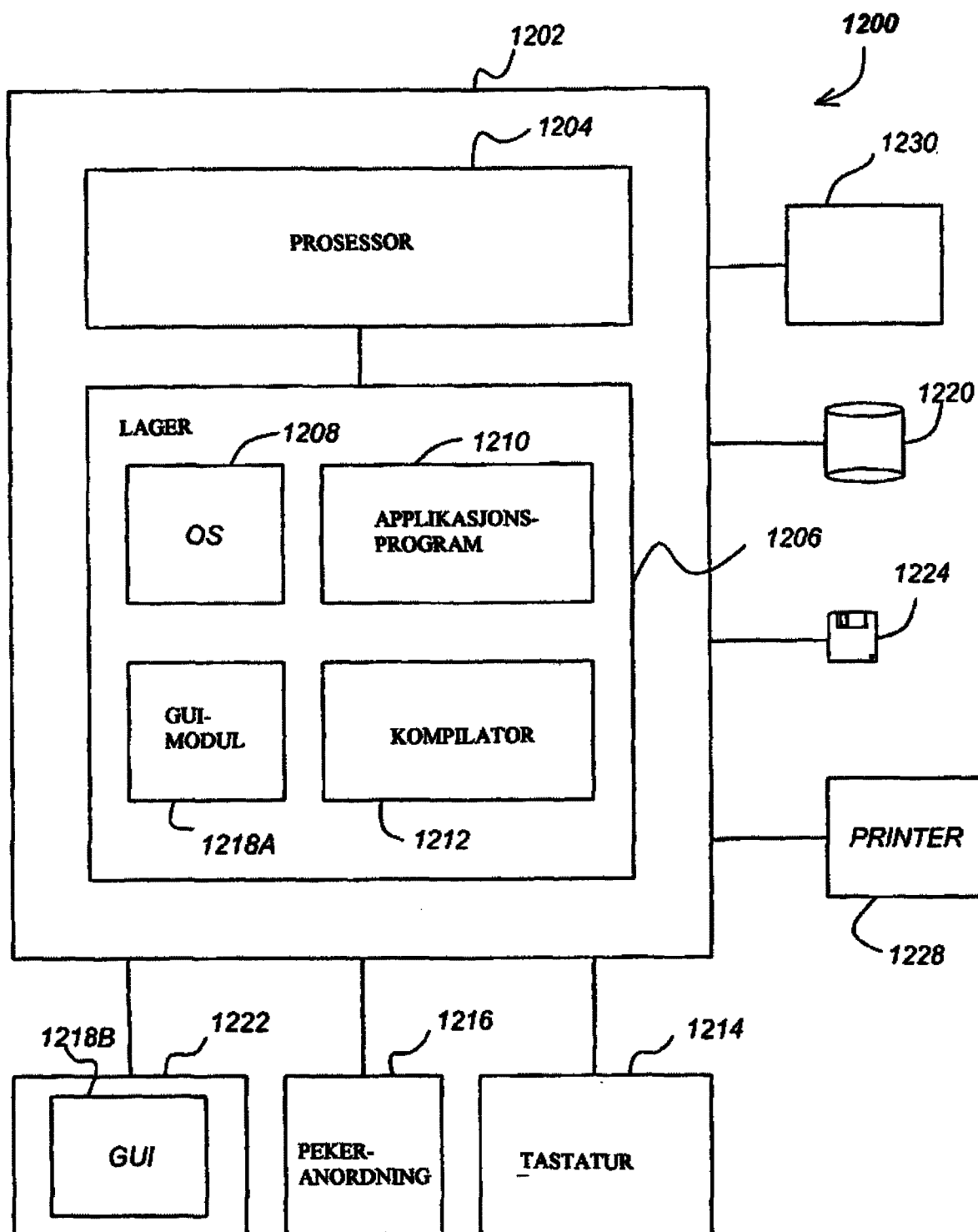
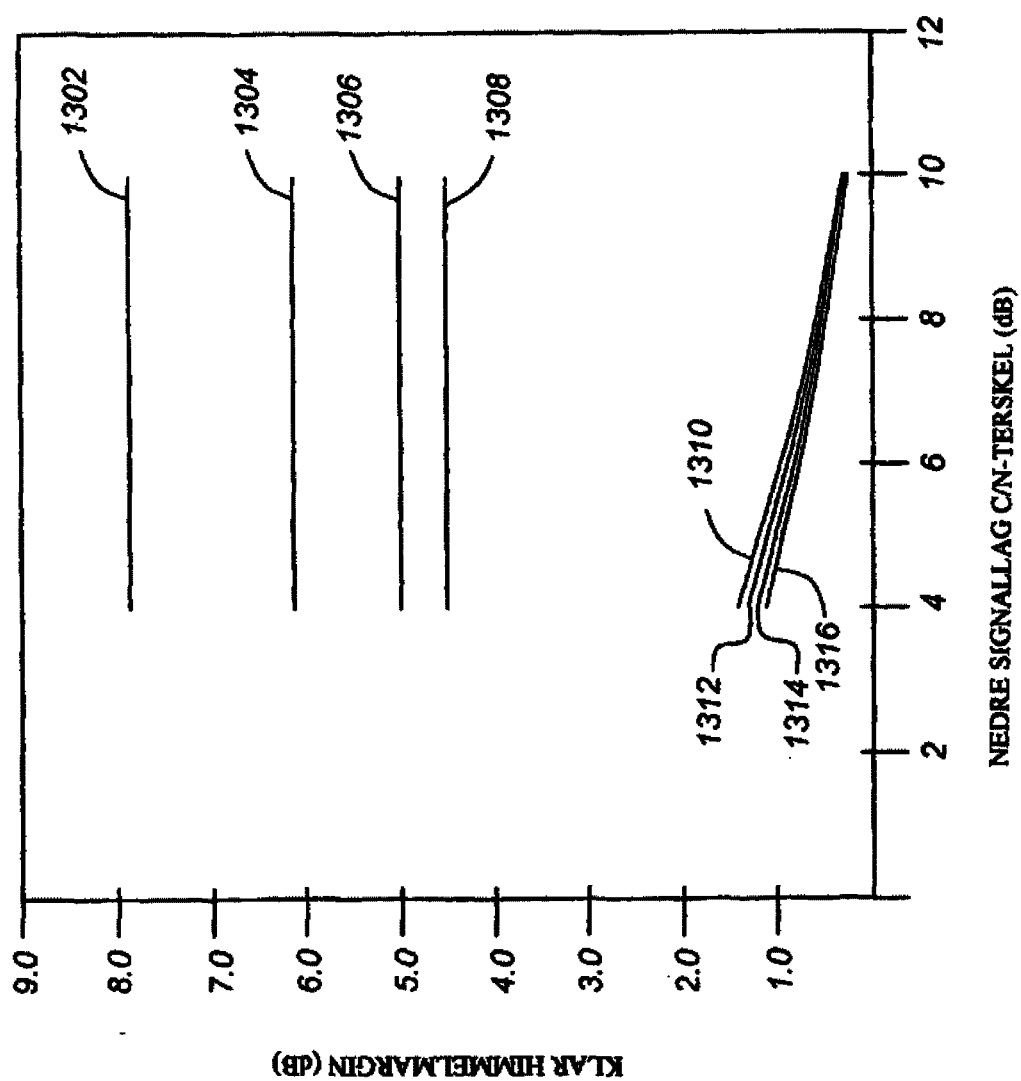


FIG. 12

16/19

FIG. 13



17/19

1400

Effekt relativ til
termisk støy (dB)

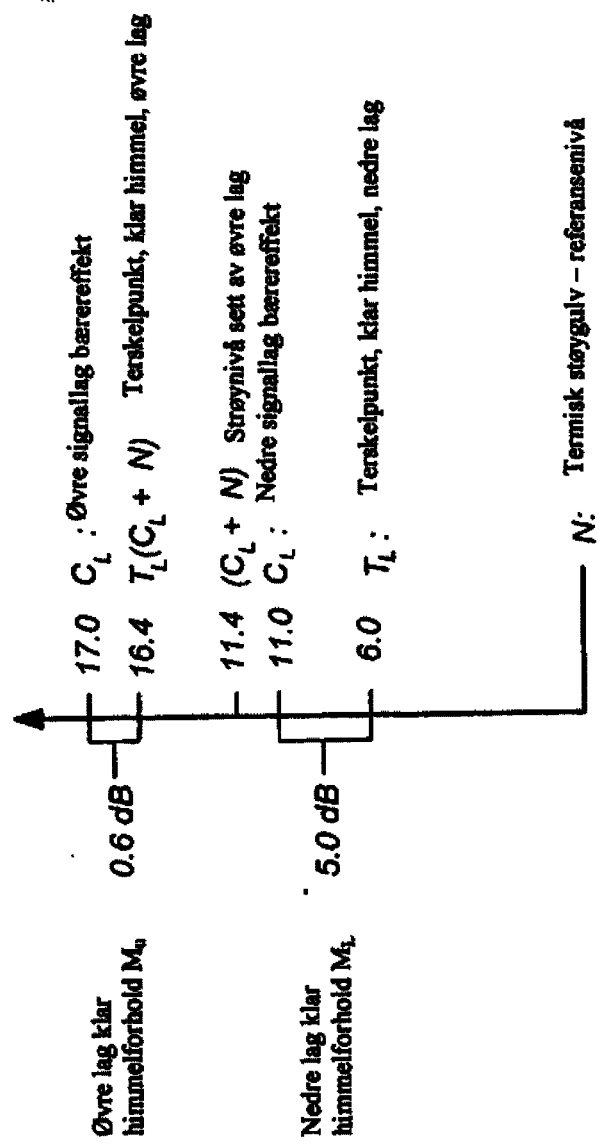
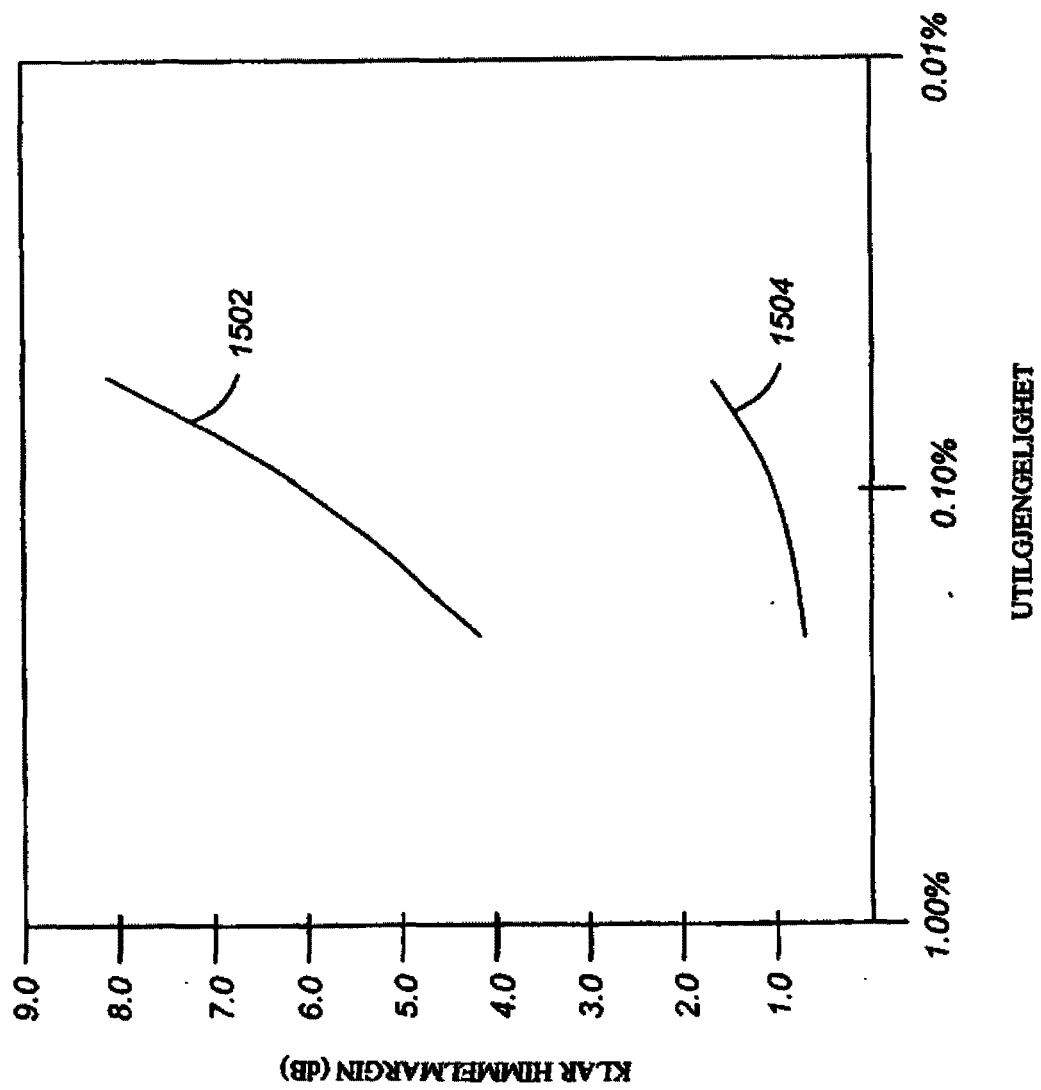


FIG. 14

18/19

FIG. 15



19/19

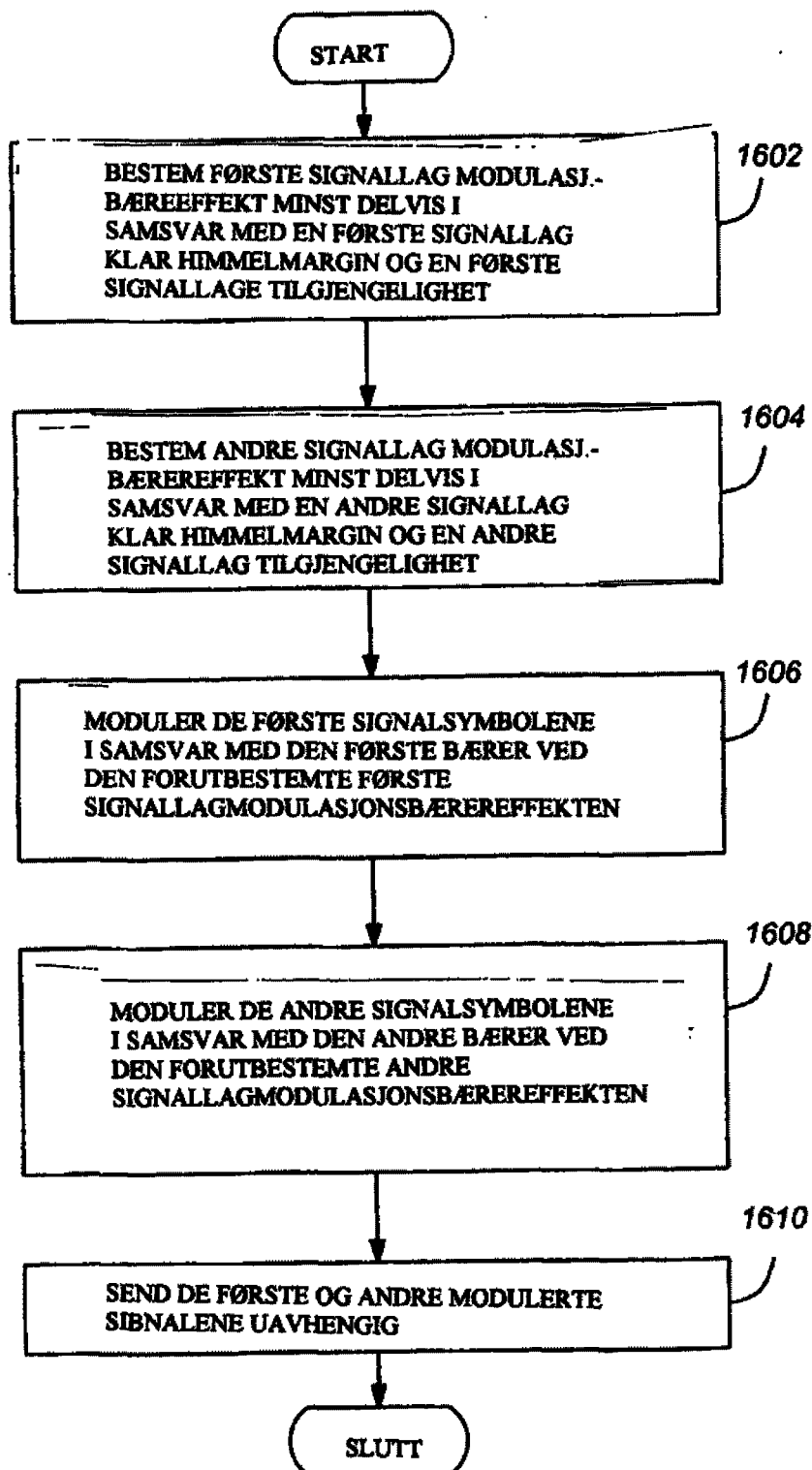


FIG. 16